



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería  
Escuela de Ingeniería en Construcción

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE PREPARACIÓN DE  
ARMADURAS DE REFUERZO PARA HORMIGÓN, APLICADO  
A EDIFICACIÓN EN ALTURA. SISTEMA INDUSTRIALIZADO  
V/S SISTEMA TRADICIONAL FABRICADO EN OBRA.  
PROYECTO ESPACIO CONDELL”**

Tesis para optar el Título de:  
***Ingeniero Constructor***

Profesor Patrocinante:  
Sra. Fabiola Ojeda Álvarez  
Ingeniero Constructor  
Licenciado en Ciencias de la Construcción  
Diplomado en Eficiencia Energética y  
Calidad Ambiental en la Edificación

**NATHANAEL AMADO FUENTES CATALÁN**

**VALDIVIA-CHILE**

**2014**

## AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios culmino una etapa en mi vida de mucho sacrificio y esfuerzo, pero a la vez de grandes logros y satisfacciones.

Este título se lo dedico a quién dio todo por mí, que me enseñó con su ejemplo la resiliencia y me heredó lo más valioso que tengo, los valores y la educación. A mi madre que la amo mucho.

A mi familia, Claudia, Sole, Alberto, por su apoyo incondicional.

A mis amigos, que me alentaron a seguir adelante y me acompañaron en los momentos difíciles.

A mi profesora guía, Fabiola Ojeda, por su paciencia y buena disposición a lo largo de todo este proceso.

A todos mis seres queridos.

## RESUMEN

La utilización de la tecnología y la industrialización de los procesos constructivos, han permitido a las empresas innovar las secuencias de producción de los proyectos que desarrollan. Es así como en edificios de hormigón armado los procesos de corte y doblado pueden realizarse tanto en obras como en industrias especializadas. De esta forma, las constructoras buscan optimizar sus recursos, asegurando calidad y seguridad a sus trabajadores.

El objetivo del presente trabajo de título es comparar ambos sistemas de preparación de armaduras para hormigón armado, tanto el tradicional fabricado en obra como el industrializado, determinando cuál de estos proporciona mayores ventajas para construir edificios en altura.

Para llevar a cabo el estudio se realizó un seguimiento durante toda la etapa de obra gruesa del proyecto “Espacio Condell”, edificio de 24 pisos ubicado en la ciudad de Santiago, en cuya etapa constructiva se utilizaron ambos sistemas de preparación de armadura. Además se investigó la industria que prestaba servicios de corte y doblado al proyecto. De esta forma, se estudió un proyecto con las mismas condiciones físicas, de diseño, espacio, recursos.

Finalmente, la investigación expone las ventajas y desventajas de ambos sistemas analizadas durante la utilización en terreno de cada uno de estos, además del análisis de costos y rendimientos, donde se observó que es necesario realizar un estudio exhaustivo de cada proyecto de acuerdo a sus características para determinar la conveniencia de utilizar un método u otro, sin embargo, la tendencia es a industrializar los procesos y lograr con ello disminución en los plazos y aumento de rendimientos, permitiendo asegurar la calidad y seguridad en obra.

## ABSTRACT

The use of technology and industrialization of construction processes have allowed construction companies to innovate in construction sequences of currently developing projects. Because of that reinforced concrete byldining's cutting processes and bending can be performed in site performed in site and by specialized industries. By that, companies seek to optimize their resources, ensuring quality and safety of their workers.

The aim of this study is to compare both systems , manufactured in the construction she and the industrialized one, determining which of these provides greater advantages to the building process.

To carry out the study were followed throughout the stage of rough work of the "Espacio Condell", 24-storey building, whose construction stage of preparing both armor systems were used. Also provided services industry cutting and bending the project was investigated. Thus, a proyect with the same physical conditions, design, space, resources are studied.

Finally the research discusses the advantages and disadvantages of both, analyzed during its uses in the field of each of these system, plus analysis of costs, where it was noted that it is necessary to perform an exhaustive study of each project according to its characteristics to determine the tendency is to industrialize the process and thereby achieving time reduction and increased rendimientos, allowing to ensure quality and safety ay work.

## INDICE

<b>CAPÍTULO I.- INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>7</b>
OBJETIVOS .....	9
OBJETIVO GENERAL.....	9
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	9
<b>CAPITULO II. ARMADURAS DE ACERO PARA HORMIGÓN ARMADO .....</b>	<b>10</b>
2.1.- INTRODUCCIÓN.....	10
2.2.-FUNCIÓN DEL ACERO DE REFUERZO PARA HORMIGÓN ARMADO .....	10
2.3.-DESCRIPCIÓN E INTERPRETACIÓN DE PLANOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS .....	14
2.4 CALIFICACIÓN MANO DE OBRA .....	19
2.5.-TRANSPORTE, RECEPCIÓN Y ALMACENAMIENTO.....	24
2.6.- ESTUDIO DE RIESGO .....	28
2.7.- ARMADO E INSTALACIÓN DE ARMADURAS DE MUROS Y LOSA .....	29
2.8.-PRODUCTOS NO CONFORMES DE EJECUCIÓN .....	45
2.9.-DETALLES CONSTRUCTIVOS TIPO .....	50
<b>CAPÍTULO III.- SISTEMAS DE PREPARACIÓN DE ARMADURAS .....</b>	<b>55</b>
3.1 INTRODUCCION .....	55
3.2.- MÉTODO TRADICIONAL FABRICADO EN OBRA .....	55
3.3.- SISTEMA INDUSTRIALIZADO .....	58
<b>CAPÍTULO IV.- PROYECTO ESPACIO CONDELL, ÑUÑO A .....</b>	<b>61</b>
4.1.- INTRODUCCIÓN.....	61
4.2.- DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	61
4.3.- ETAPA 1.- PREFABRICACIÓN DE ARMADURA EN PLANTA .....	67
4.3.1.- DESCRIPCIÓN DE PLANTA .....	67
4.3.2.- CAPACIDAD INSTALADA DE FABRICACIÓN .....	68
4.3.3.- PROCESO DE PREPARACIÓN Y DOBLADO .....	71
4.3.4 COSTOS.....	72
4.3.5.- GESTIÓN DE CALIDAD .....	73
4.4.- ETAPA 2.- PREPARACIÓN Y DOBLADO DE ARMADURA EN OBRA.....	74
4.3.1- CONDICIONES GENERALES DE PREPARACIÓN.....	74
4.4.2.- CAPACIDAD INSTALADA DE FABRICACIÓN .....	75
4.4.3.-PROCESO DE PREPARACIÓN Y DOBLADO .....	77
4.4.4.-COSTOS .....	77
4.4.5.- SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD .....	79
<b>CAPÍTULO V.-RESULTADOS Y ANÁLISIS.....</b>	<b>85</b>
5.1.- UTILIZACIÓN DE ESPACIOS .....	85
5.2.- ANÁLISIS DE COSTOS.....	87
5.3.-ANÁLISIS DE RENDIMIENTOS C&D .....	88
5.4.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS .....	91
<b>CAPÍTULO VI .- CONCLUSIONES.....</b>	<b>94</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>105</b>

## INDICE DE TABLAS

TABLA N° 1: PROPIEDADES MECÁNICAS MÍNIMAS DE LAS BARRAS DE REFUERZO PARA HORMIGÓN ...	12
TABLA N° 2: IDENTIFICACIÓN DEL ACERO DE LAS BARRAS DE REFUERZO PARA HORMIGÓN .....	14
TABLA N° 3: PESO POR EJE O CONJUNTO DE EJES .....	25
TABLA N° 4: FACTORES DE MODIFICACIÓN DE LA LONGITUD DE DESARROLLO PARA BARRAS CON RESALTE EN TRACCIÓN .....	31
TABLA N° 5: FACTORES DE MODIFICACIÓN DE DESARROLLO DE GANCHOS ESTÁNDAR EN TRACCIÓN	33
TABLA N° 6: LONGITUD DE DESARROLLO MÍNIMA PARA BARRAS EN COMPRESIÓN .....	35
TABLA N° 7: LONGITUD DE ANCLAJE MÍNIMA PARA BARRAS DE LA ARMADURA EN FLEXIÓN .....	36
TABLA N° 8: ARMADURA DEL ALMA. MEDIDAS MÍNIMAS ESTRIBOS EN U CON GANCHOS.....	40
TABLA N° 9: ARMADURA DEL ALMA. MEDIDAS MÍNIMAS ESTRIBOS EN U CON GANCHOS.....	40
TABLA N° 10: ARMADURA DEL ALMA. MEDIDAS MÍNIMAS ESTRIBOS EN U CON GANCHOS.....	41
TABLA N° 11: MEDIDAS MÍNIMAS PARA GANCHOS SÍSMICOS .....	46
TABLA N° 12: MEDIDAS MÍNIMAS PARA GANCHOS SÍSMICOS .....	46
TABLA N° 13: DESCRIPCIÓN DE PROYECTO .....	62
TABLA N° 14: DISTRIBUCIÓN PESO ACERO EDIFICIO .....	64
TABLA N° 15: DOTACIÓN PERSONAL FERROLISTO .....	68
TABLA N° 16: PRODUCCIÓN MENSUAL PLANTA FERROLISTO .....	69
TABLA N° 17: COSTO UNITARIO PREPARACIÓN ARMADURA.....	72
TABLA N° 18: COSTO UNITARIO MANO DE OBRA DE INSTALACIÓN EN OBRA .....	72
TABLA N° 19: COSTO UNITARIO ARMADURA INSTALADA.....	72
TABLA N° 20: DOTACIÓN PERSONAL OBRA CONDELL PARA PREPARACIÓN ARMADURA.....	75
TABLA N° 21: PRODUCCIÓN DE ARMADURA EN OBRA.....	76
TABLA N° 22: PRODUCCIÓN DE ARMADURA EN OBRA .....	76
TABLA N° 23: COSTO UNITARIO DE PREPARACIÓN ARMADURA EN OBRA .....	78
TABLA N° 24: COSTO UNITARIO ARMADURA INSTALADA.....	79
TABLA N° 25: FUNCIONES DE PROFESIONALES PARA REVISIÓN DE ARMADURAS .....	80
TABLA N° 26: ÁNGULO DE DOBLADO, DIÁMETROS MÍNIMOS Y EXTENSIONES PARA BARRAS Y ESTRIBOS CON GANCHO .....	83
TABLA N° 27: SUPERFICIE DE TRABAJO PARA SISTEMAS DE C&D .....	85
TABLA N° 28: COMPARATIVO DE COSTOS PARA AMBOS SISTEMAS .....	87
TABLA N° 29: RESUMEN RENDIMIENTOS C&D EN OBRA.....	90
TABLA N° 30: CUADRO COMPARATIVOS VENTAJAS Y DESVENTAJAS SISTEMA INDUSTRIALIZADO Y FABRICADO EN OBRA .....	91
TABLA N° 31: LONGITUD DE DESARROLLO PARA BARRAS CON RESALTE EN TRACCIÓN.....	100
TABLA N° 32: LONGITUD DE DESARROLLO BÁSICA PARA BARRAS RECTAS EN TRACCIÓN, CASO A ..	101
TABLA N° 33: LONGITUD DE DESARROLLO BÁSICA PARA BARRAS RECTAS EN TRACCIÓN, CASO A ..	101
TABLA N° 34: LONGITUD DE DESARROLLO BÁSICA PARA BARRAS RECTAS EN TRACCIÓN, CASO B .	102
TABLA N° 35: LONGITUD DE DESARROLLO BÁSICA PARA BARRAS RECTAS EN TRACCIÓN, CASO B .	102
TABLA N° 36: LONGITUD DE DESARROLLO GANCHOS NORMALES EN TRACCIÓN. HORMIGÓN CON AGREGADO CORRIENTE .....	103
TABLA N° 37: LONGITUD DE DESARROLLO GANCHOS NORMALES EN TRACCIÓN. HORMIGÓN CON AGREGADO CORRIENTE .....	103

TABLA N° 38: LONGITUD DE DESARROLLO BÁSICA PARA BARRAS RECTAS EN COMPRESIÓN .....	104
TABLA N° 39: LONGITUD DE DESARROLLO BÁSICA PARA BARRAS RECTAS EN COMPRESIÓN .....	104

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1: DIAGRAMA $\Sigma$ -E DE ACERO .....	11
FIGURA N° 2: BARRA DE REFUERZO PARA HORMIGÓN .....	13
FIGURA N° 3: FORMATO TÍPICO PLANO DE CÁLCULO DE ARMADURA DE LOSA.....	16
FIGURA N° 4: FORMATO TÍPICO DE PLANO DE CÁLCULO DE ESTRUCTURA DE LOSA .....	17
FIGURA N° 5: FORMATO TÍPICO DE PLANO DE CÁLCULO DE ELEVACIONES DE ARMADURA.....	18
FIGURA N° 6: PROCEDIMIENTO DE DESCARGA DE ACERO EN OBRA.....	27
FIGURA N° 7: EJEMPLO LONGITUD DE ANCLAJE PARA GANCHOS ESTÁNDAR EN TRACCIÓN .....	32
FIGURA N° 8: EJEMPLO DE ARMADURA POR FLEXIÓN EN UNA VIGA TÍPICA .....	36
FIGURA N° 9: EJEMPLO DE ANCLAJE EN ZONAS DE MOMENTO POSITIVO .....	38
FIGURA N° 10: EJEMPLO DE ANCLAJE EN ZONAS DE MOMENTO NEGATIVO .....	39
FIGURA N° 11: DETALLES TÍPICOS PARA MALLAS HORIZONTALES .....	50
FIGURA N° 12: DETALLES TÍPICOS DE MALLAS VERTICAL.....	50
FIGURA N° 13: EMPALME VERTICALES EN MALLAS DE MUROS CON CAMBIO DE ESPESOR.....	51
FIGURA N° 14: ESTRIBOS DE VIGAS.....	52
FIGURA N° 15: ESTRIBOS Y TRABAS DE PILARES .....	53
FIGURA N° 16: DETALLE TÍPICO DE TRABAS PARA MUROS .....	53
FIGURA N° 17: UBICACIÓN CAPAS DE FIERROS EN VIGA .....	54
FIGURA N° 18: UBICACIÓN CAPAS DE FIERROS VERTICALES EN MUROS .....	54
FIGURA N° 19: EQUIPOS DE TRABAJO SISTEMA TRADICIONAL.....	56
FIGURA N° 20: EVOLUCIÓN ESTIMADA DE LA ENFIERRADURA INDUSTRIALIZADA.....	58
FIGURA N° 21: SECUENCIA DE ENFIERRADURA INDUSTRIALIZADA.....	59
FIGURA N° 22: EDIFICIO ESPACIO CONDELL .....	61
FIGURA N° 23: ORGANIGRAMA INGEVEC S.A. ....	63
FIGURA N° 24: ORGANIGRAMA FERROLISTO .....	68
FIGURA N° 25: DISTRIBUCIÓN PLANTAN FERROLISTO.....	70
FIGURA N° 26: DIAGRAMA DE FLUJO PLANTA FERROLISTO .....	71
FIGURA N° 27: ZONA DE ENFIERRADORES OBRA CONDELL .....	74
FIGURA N° 28: DETALLE DE DOBLADO DE GANCHOS .....	83
FIGURA N° 29: PRODUCTO NO CONFORME 1.....	47
FIGURA N° 30: : PRODUCTO NO CONFORME 2.....	48
FIGURA N° 31: : PRODUCTO NO CONFORME 3.....	48
FIGURA N° 32: : PRODUCTO NO CONFORME 4.....	49

## INDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO N° 1: DISTRIBUCIÓN PESO DE ACERO POR ETAPA.....	65
GRÁFICO N° 2: DISTRIBUCIÓN PESO DE ACERO SEGÚN ELEMENTO.....	65
GRÁFICO N° 3: DISTRIBUCIÓN PESO POR PISO EN TORRE.....	66
GRÁFICO N° 4: DISTRIBUCIÓN PESO POR DIÁMETRO EN TORRE.....	66
GRÁFICO N° 5: DISTRIBUCIÓN PESO POR DIÁMETRO EN TORRE.....	67
GRÁFICO N° 6: CURVA FIERRO TORRE OBRA ESPACIO CONDELL.....	88
GRÁFICO N° 7: CURVA HORMIGÓN TORRE OBRA ESPACIO CONDELL.....	89
GRÁFICO N° 8: CURVA MOLDAJE TORRE OBRA ESPACIO CONDELL.....	89

## INDICE DE ANEXOS

ANEXO N° 1: PROTOCOLO DE REVISIÓN DE PARTICULARIDADES DEL PROYECTO.....	96
ANEXO N° 2: PROTOCOLO DE REVISIÓN INSTALACIÓN DE FIERRO.....	99
ANEXO N° 3: TABLAS .....	100

## **CAPÍTULO I.- INTRODUCCIÓN**

Los altos índices de crecimiento de la población en la ciudad de Santiago han llevado consigo una creciente demanda habitacional, que debido a la falta de zonas residenciales para satisfacer esta demanda, a generado un crecimiento físico en altura, que ha provocado a su vez una fuerte competencia en empresas dedicadas al rubro de la construcción por liderar el mercado.

Éste fenómeno provoca que las empresas constructoras busquen entregar un servicio rápido, de calidad y con costos que permitan generar una alta rentabilidad y mayor competitividad. Estas tres aristas, tiempo, calidad y costos, sumado a la seguridad de los trabajadores, son los principales focos que cualquier empresa busca optimizar, sin embargo, en la construcción, que es una industria eminentemente artesanal, resulta particularmente complejo de abordar y controlar.

Hoy en día, la industrialización de la construcción ha permitido una reducción importante de los tiempos de ejecución, además de una mejora en la calidad de los productos. Sin embargo, esta tecnología trae consigo nuevos costos involucrados que no todas las empresas están dispuestas a asumir.

Debido a los altos índices de competitividad de las empresas constructoras se hace necesario, para liderar el mercado, adquirir nuevas tecnologías, industrializar los procesos, y con ello disminuir plazos, ahorro de materiales, mano de obra, mantención y desgaste de máquinas, entre muchas otras.

Es así como actualmente se ha industrializado la preparación de armaduras de acero para hormigón, mediante plantas de cortado y doblado que suministran a obras el material listo para su instalación. Esta tendencia ha ido al alza, y de acuerdo a estudios del instituto tecnológico de la enfierradura para la construcción (2012) la penetración de este sistema actualmente abarca un 30% del mercado en Santiago.

Sin embargo, resulta necesario realizar un análisis que compare el sistema prefabricado de cortado y doblado en planta con el tradicional preparado en obra y determinar cuál resulta más conveniente para edificaciones en altura.

En función de esto último, la investigación que se presenta se enfoca en analizar los sistemas de fabricación en obra y en plantas de prefabricación de armaduras de acero de refuerzo para hormigón armado, y mediante un estudio comparativo determinar qué sistema proporciona mayores ventajas a la hora de edificar.

La metodología de investigación comprende estudiar un edificio actualmente en construcción en la ciudad de Santiago, en cuyo proceso de ejecución está contemplado utilizar ambos sistemas de preparación de armaduras de acero, en distintas etapas de éste, lo que permitirá analizar los métodos en iguales condiciones físicas, de recursos y diseño. Al mismo tiempo, analizar la calidad de los procesos utilizados de acuerdo a los parámetros exigidos por las normas. Además, determinar ventajas y desventajas de ambos sistemas para concluir, extrapolando los resultados, cuál de los dos resulta más conveniente en cuanto a sus costos, rendimientos, pérdidas, logística y optimización de espacios para proyectos de este tipo.

## **OBJETIVOS**

### Objetivo General

Determinar qué sistema de fabricación de armaduras de acero resulta más eficiente para edificaciones en altura. Comparación de sistema de prefabricación de armaduras de acero con el sistema tradicional fabricado en obra.

### Objetivos Específicos

- 1.-Describir los procesos de preparación de las armaduras de acero para hormigón armado.
- 2.-Determinar los costos, rendimiento, pérdidas y utilización de espacios del sistema de preparación de armaduras prefabricadas.
- 3.-Determinar los costos, rendimiento, pérdidas y utilización de espacios del sistema de preparación de armaduras fabricadas in situ.
- 4.- Determinar las ventajas y desventaja del sistema tradicional de fabricación de armaduras en obra y del sistema prefabricado.

## **CAPITULO II. ARMADURAS DE ACERO PARA HORMIGÓN ARMADO**

### **2.1.- INTRODUCCIÓN**

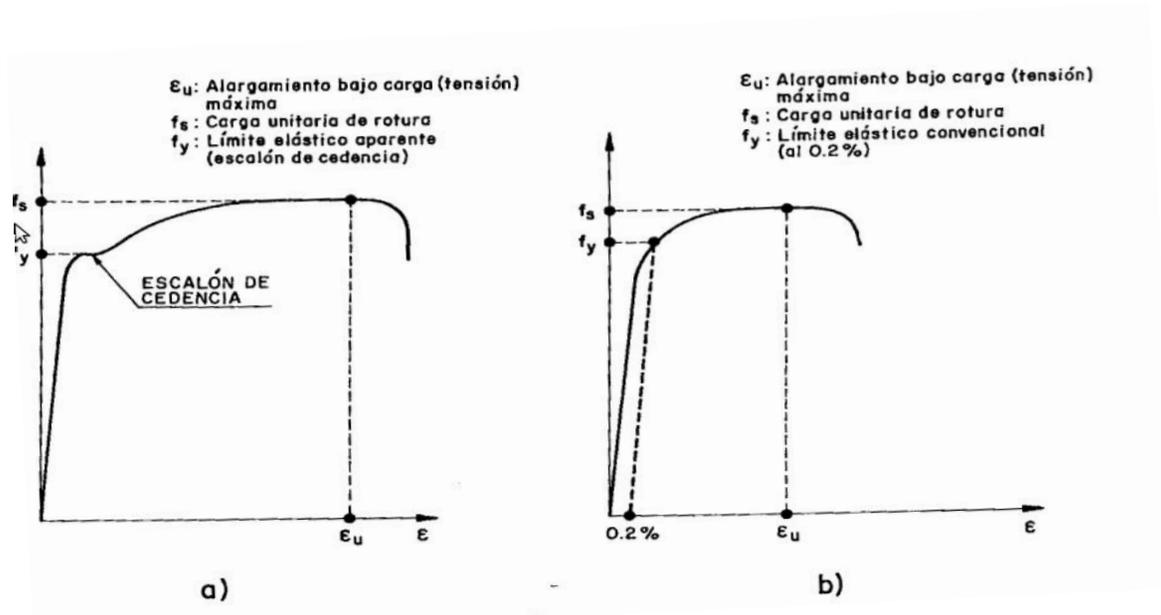
En el presente capítulo se abordarán los conceptos básicos y más relevantes que dicen relación con el acero y sus propiedades mecánicas y físicas, además de las temáticas necesarias para el estudio de la presente investigación.

### **2.2.-FUNCIÓN DEL ACERO DE REFUERZO PARA HORMIGÓN ARMADO**

Hormigón armado se define como el material resultante de la unión del hormigón (mezcla proporcional de cemento pórtland, o cualquier otro cemento hidráulico, con arena, grava y agua limpia, con o sin aditivos, que al fraguar y endurecer adquiere resistencia) y las armaduras o barras de acero de refuerzo, combinados de tal forma que constituyan un elemento sólido, monolítico y único desde el punto de vista de sus características físicas, para aprovechar así las cualidades individuales que presentan ambos materiales. (Gerdau.2008).

Las características mecánicas más importantes para la definición del acero son: su resistencia a la tracción, su límite elástico, la relación entre los dos valores mencionados, el alargamiento, y la amplitud al doblado-desdoblado.(JIMENEZ P. 2000).

**Figura N° 1: Diagrama  $\sigma$ - $\epsilon$  de acero**



Fuente: JIMENES P. 2000

- (a) Con escalón de fluencia
- (b) Sin escalón de fluencia

a) Carga unitaria de rotura,  $F_s$ :

Es la máxima fuerza de tracción que soporta la barra, cuando se inicia la rotura, dividida por el área de sección nominal de la probeta.

b) Límite elástico  $f_y$ :

Es la máxima tensión que puede soportar el material sin que se produzcan deformaciones plásticas.

c) Relación  $f_s/f_y$  :

Dice relación con la ductilidad del acero. Mientras mayor sea el coeficiente, más dúctil es el material.

d) Alargamiento

Corresponde al incremento de longitud de la probeta correspondiente a la carga máxima, medido después de la rotura.

En nuestro país se fabrican dos grados de acero de refuerzo para el hormigón: A440-280H y A630-420H. La letra A significa "acero al carbono" y la letra H indica que su uso es para hormigón. Los números se refieren,

respectivamente, a la resistencia de rotura a la tracción y al límite de fluencia mínimo por tracción.

**Tabla N° 1:** Propiedades mecánicas mínimas de las barras de refuerzo para hormigón

Grado del acero	Resistencia a tracción (Fs)		Tensión de Fluencia (Fy)		Alargamiento Mínimo
	Mpa	Kgf/mm <sup>2</sup>	Mpa	Kgf/mm <sup>2</sup>	%
A440-280H Mínimo	440	44,9	280	28,6	16
A630-420H Mínimo	630	64,2	420	42,8	700- k; >= 8%
Máximo			580	59,1	Fs

Norma Chilena Nch 204 Of. 2008: Barras laminadas en caliente para Hormigón armado:

a) Son requisitos en esta norma, el cumplimiento de un ensaye de doblado efectuado sobre una probeta, además de cumplir los requisitos de la forma y dimensiones de los resaltes y de masa(kg/m) de las barras.

b) K es un coeficiente que depende del diámetro nominal de la barra (Dn), cuyo valor se indica a continuación:

Dn (mm):	K:
6	3
8	2
10	1
12	0
16	0
18	0
22	1
25	2
28	3
32	4
36	5

INN. 2008

Además de las propiedades mecánicas especificadas en la tabla anterior, la norma NCh204 establece que en los aceros utilizados en estructuras que deben resistir fuerzas sísmicas, debe cumplirse que el cociente entre el límite de rotura a tracción y el límite de fluencia a tracción sea mayor o igual a 1,25.

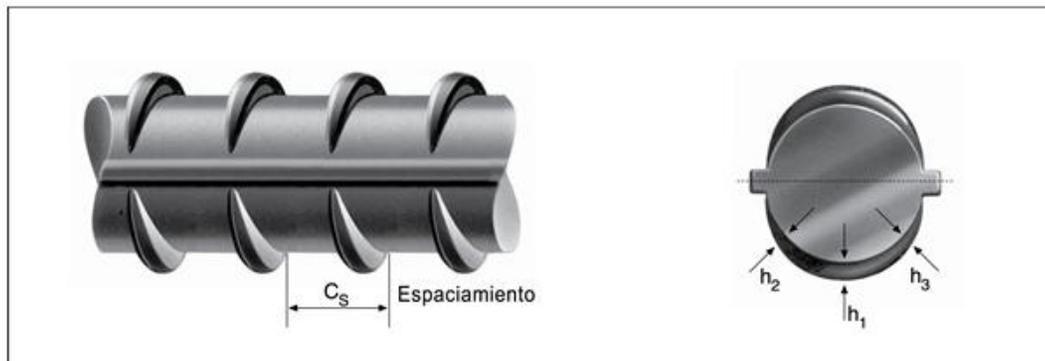
Las barras de refuerzos se pueden presentar de dos formas, según sea su geometría transversal:

Barra redonda lisa, cuya sección transversal es circular y uniforme en todo su largo y que se caracteriza por sus valores de diámetro y sección. En el país sólo se fabrica en el grado A440-280H y en el diámetro de 6 mm.

Barra con resaltes, cuya sección transversal es circular no uniforme debido a la presencia de nervios perpendiculares o inclinados con respecto a su eje y que se caracteriza mediante sus valores de diámetro nominal y sección nominal.

Los resaltes buscan mejorar la adherencia de la barra con el hormigón, de manera de garantizar una correcta transferencia de tensiones entre un material y el otro.

**Figura N° 2: Barra de Refuerzo Para Hormigón**



Fuente: GERDAU AZA. 2008

### **Identificación**

Las barras fabricadas contienen marcas laminadas en sobre-relieve con la siguiente información:

- Nombre o logotipo que identifique al fabricante.
- Designación abreviada del grado del acero.
- Diámetro nominal de la barra expresado en milímetros.

Todas estas marcas se repiten a lo largo de la barra a distancias no mayores a 2 m. Este requisito no es exigible para barras lisas.

**Tabla N° 2:** Identificación del acero de las barras de refuerzo para hormigón

Grado del acero	diámetro nominal (dn) mm	Formas de entrega	Identificación	
			Marca de Origen y grado del acero	Diámetro nominal
A440-280H	6(1),8,10 y 12	Rollo		
	6(1) a 36	Recta		
A440-280H	8-10 y 12	Rollo		
	8 a 36	Recta		

(1) La barra de 6 mm es lisa y no lleva identificación en relieve

Fuente Gerdau AZA. 2008.

### 2.3.-DESCRIPCIÓN E INTERPRETACIÓN DE PLANOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Para una correcta ejecución de cualquier tipo de proyecto es necesario el fiel cumplimiento de lo establecido en los documentos técnicos entregados por el proyectista, ya sean planos, especificaciones técnicas, fichas técnicas o catálogos (en caso de que se indique su uso). Estos documentos deben contener todo lo necesario para que el proyecto sea ejecutado.

De acuerdo a lo que establece la normativa vigente, las copias de planos de diseño, detalles típicos y las especificaciones técnicas para la construcción de Hormigón armado, deben llevar la firma de un ingeniero civil estructural, o de un arquitecto si el tipo o clase de construcción y la Ley General de Urbanismo y Construcción (OGUC) lo permite.

Estos documentos deben incluir:

- a).- Nombre y fecha de publicación de la norma y del suplemento en función de las cuales está diseñado el proyecto.
- b).- Sobre cargas y otras cargas utilizadas en el diseño.

- c).- Resistencia especificada a la compresión del Hormigón, a las edades o etapas de construcción establecidas.
- d).-Resistencia especificada, tipo y calidad o grado del acero de la estructura.
- e).-Tamaño y posición de todos los elementos estructurales y de la armadura.
- f).-Precauciones por cambio en las dimensiones producidos por fluencia lenta, retracción y temperatura.
- g).-Longitud de anclaje de la armadura y posición y longitud de los empalmes por traslape.
- h).-Tipo y posición de los empalmes soldados y las conexiones mecánicas si las hubiere.
- i).- Ubicación y detalle de todas las juntas de construcción, juntas de contracción y juntas de contracción requeridas y especificadas.
- j).-Secuencia de la colocación del Hormigón si éste es un factor crítico.
- k).- Tensiones elásticas y dinámicas admisibles del terreno de fundación

Es así como para el caso de estructuras de hormigón armado existen distintos documentos que se complementan para asegurar que lo construido sea igual a lo proyectado. Para el caso de los planos, estos se constituyen de la siguiente manera según (MANUAL DE INSPECCIÓN TÉCNICA MINVU.)

- a).-Planos generales: Los diseños que indicando ubicación, formas y medidas, permitan un juicio completo de las obras por realizar, y a una escala conveniente para su correcta interpretación.

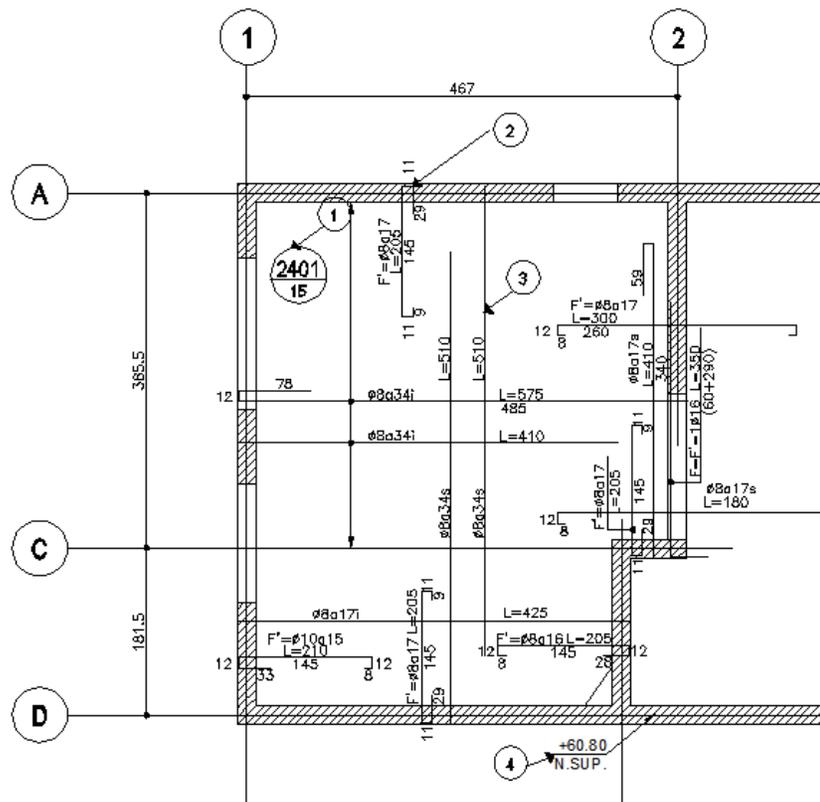
Estos planos incluyen toda la información necesaria para la ubicación de los elementos de la estructura, utilizando generalmente la letra inicial del elemento. Por ejemplo: letra V para vigas, letra P para pilares, M para muros, L para losas entre otras. También se utiliza la numeración para individualizar cada elemento.

- b).-Plano de detalles: Los diseños a escala adecuada para realizar la construcción de piezas o partes del proyecto contenido en los planos generales.

En Chile se viene trabajando hace algún tiempo según la práctica norteamericana, en los cuales las láminas de planos se dividen en platas de estructura por niveles, elevaciones, plantas de armadura de losa y detalles típicos. Este sistema es recomendable por su facilidad para la interpretación, comparado con el tradicional. Este método consiste en separar los planos dibujando los elementos estructurales sin destacar las armaduras, pero identificando las barras con un código de números de tres o cuatro cifras: la primera o las dos primeras indican el diámetro del acero y las últimas, la marca o el número asignado en el plano. (GERDAU.2008)

A continuación se muestran detalles de las plantas de estructura y armadura de losa que fueron utilizadas en el proyecto de estudio de la presente investigación, cuyo método descriptivo corresponde al sistema americano.

**Figura N° 3: Formato típico plano de cálculo de armadura de losa**

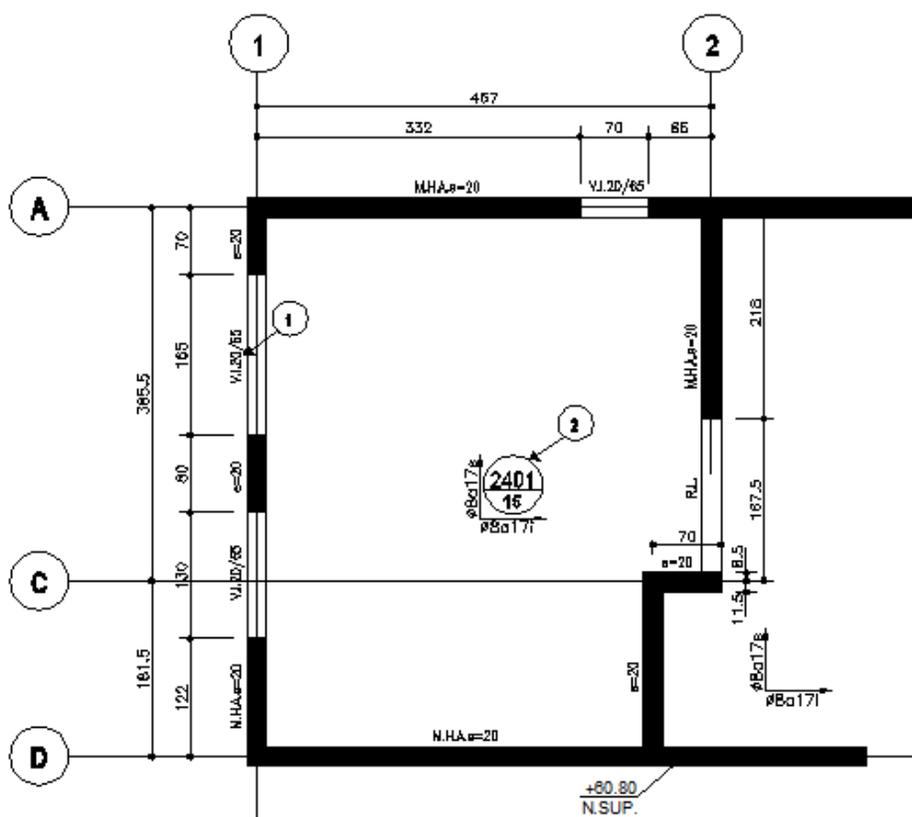


Fuente: Ingevec. 2013

Simbología:

- 1).- La parte superior indica el número de losa correspondiente, para este caso, al cielo del piso 24. El denominador indica espesor de la losa igual a 15 cm.
- 2).- Indica las dimensiones de los suples de losa.
- 3).-Indica las dimensiones de la malla de losa, tanto inferior como superior
- 4).-Cota de losa

**Figura N° 4: Formato Típico de plano de cálculo de estructura de losa**

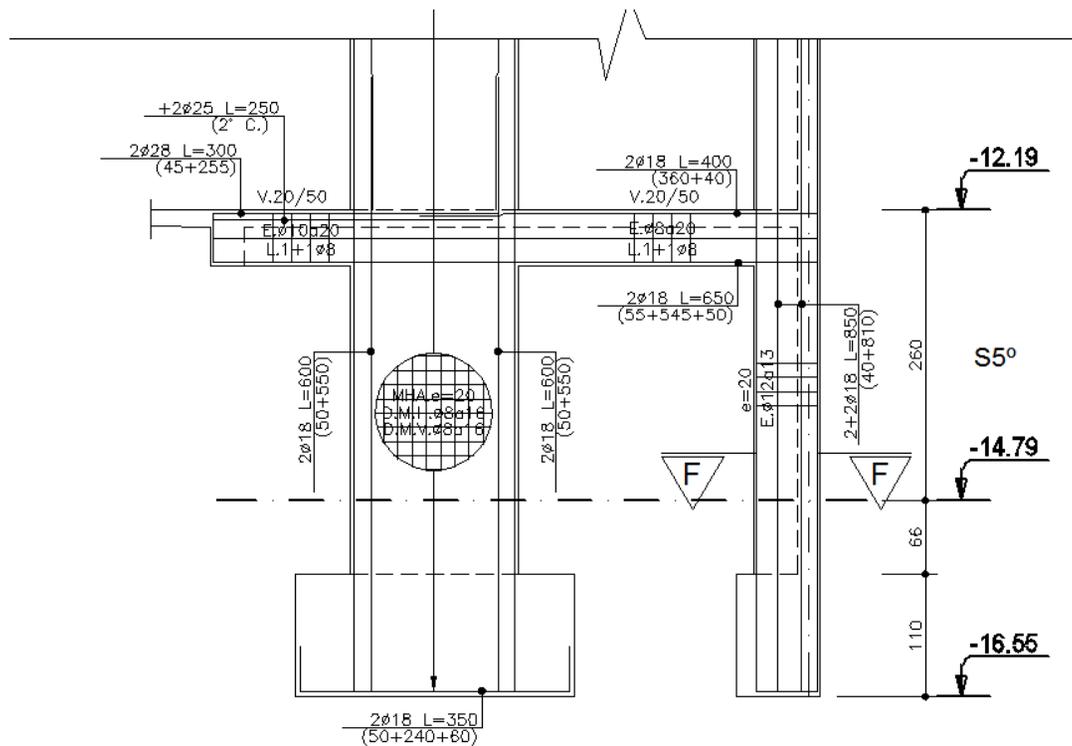


Fuente: Ingevec. 2013

Simbología:

- 1).- Indica viga invertida de alto igual a 55cm y ancho 20 cm.
- 2).- Indica el número de losa y espesor. Además señala las dimensiones de las mallas en ambas direcciones

**Figura N° 5: Formato típico de plano de cálculo de elevaciones de armadura**



Fuente: Ingevec. 2013

En las elevaciones se muestran los distintos ejes que conforman la estructura con su respectivo detalle de las partes de enfierradura que corresponden para dar total información del proyecto y no existan errores de interpretación. Siempre es recomendable estudiar el proyecto completo, comparándolo con lo que establecen los planos de arquitectura e instalaciones para descartar posibles incongruencias.

## **2.4 CALIFICACIÓN MANO DE OBRA**

En esta sección se detallarán las funciones y competencias requeridas por el personal responsable de la correcta ejecución del proyecto.

Es sabido que la construcción es un rubro artesanal, donde la mano de obra requiere una especialización para las labores que desarrolla. Es así como para el caso de la partida de enfierradura es necesario contar con el personal adecuado y de esta forma asegurar una mejor calidad y mayor rapidez en la ejecución. Aspecto relevante a la hora de optimizar los rendimientos y producción.

Gerdau (2008) realiza la siguiente calificación de la mano de obra.

### **A) JEFE DE OBRA**

Es aquella persona que depende en forma jerárquica del profesional a cargo de la obra. Dirige, supervisa y trabaja directamente con los capataces de todas las especialidades y se relaciona con el bodeguero y el encargado administrativo. Para obras de importancia debe tener las competencias exigidas por el decreto con Fuerza de ley n°458, Ley y Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.

Además establece los siguientes requisitos mínimos.

#### **i.-Grado mínimo de instrucción**

-Expresión y lenguaje: Debe saber leer y escribir, expresarse correctamente en forma oral y escrita, y poder redactar cartas informes y documentos técnicos.

-Aritmética y geometría: Debe poder realizar las cuatro operaciones básicas, además de conocimientos básicos de geometría.

-Sistema de pesos y medidas: Debe conocer los sistemas de medidas de peso, longitud, superficie, volumen y saber la conversión y equivalencia de las medidas entre el sistema métrico decimal y el sistema inglés.

## ii.- Conocimientos.

-Debe saber interpretar con calidad los planos y especificaciones técnicas de estructura de hormigón armado y los elementos que la componen, los planos de arquitectura y de especialidades, la simbología y representaciones gráficas complementarias.

-Debe tener nociones de dibujo técnico.

-Debe saber trazar ejes y replantear una edificación.

-Debe comprender las diferentes técnicas, prácticas y métodos usuales, en cada etapa de la construcción.

-Debe ser capaz de ubicar los diferentes materiales de una obra.

-Debe conocer las características y especificaciones técnicas de los materiales y su aplicación en la construcción.

-Debe entender la terminología técnica empleada por los profesionales de la construcción.

-Debe dominar, con cierto grado de amplitud, la legislación laboral vigente.

-Debe conocer los rendimientos de la mano de obra de todos los trabajos que se realizan en una obra.

## iii.- Descripción de las funciones que realiza

-Aclarar dudas a sus subordinados.

-Programar y controlar todos los trabajos y actividades que se realizarán, durante el desarrollo de la obra.

-Ordenar el trabajo específico que deberán controlar los capataces y aclarar sus dudas.

-Controlar stock de materiales e insumos.

-Ubicar los materiales faltantes e informar oportunamente a quien corresponda para su compra.

-Revisar los informes diarios de avance de obra, entregado por los capataces.

-Informar al profesional a cargo de la obra sobre novedades ocurridas en terreno, del avance de las actividades y el cumplimiento del programa.

#### B).-CAPATAZ DE ENFIERRADURA

Es aquel que es dirigido y supervisado directamente por el jefe de obra; dirige a los maestros y ayudante de especialidad, otros capataces y eventualmente subcontratistas.

Descripción del trabajo que realiza.

-Organizar y dirigir todas las actividades de los enfierradores bajo su mando.

-Diseñar y confeccionar croquis explicativos de los detalles constructivos.

-Inspeccionar y verificar continuamente la calidad del trabajo de los enfierradores bajo su mando.

-Comprobar con anticipación el stock de materiales que se van a ocupar.

-Preparar listas especificadas del pedido de materiales y preocuparse de exigir que estén en la obra en el momento oportuno.

-Mantener control diario de rendimientos de mano de obra bajo su mando.

-Orientar y capacitar a los trabajadores bajo su mando sobre el correcto uso de equipos, herramientas y materiales del oficio.

-Controlar, exigir y hacer cumplir las normas de higiene, seguridad y prevención de riesgos de los trabajadores bajo su mando.

#### C) MAESTRO ENFIERRADOR DE PRIMERA.

Es aquel trabajador que es dirigido por el jefe de obra y el capataz; dirige a los ayudantes y maestros de segunda, trabaja con los maestros o cuadrilla de maestros de la especialidad, con ayudantes o solo.

i) Conocimientos:

-Debe saber interpretar los planos correspondientes a su oficio.

-Debe saber interpretar toda clase de simbologías de los planos de su especialidad.

-Debe conocer y aplicar adecuadamente los métodos y prácticas usuales en el oficio.

-Debe conocer y saber usar los materiales y herramientas de su oficio.

-Debe conocer las diferentes calidades de acero de refuerzo para hormigón y los distintos diámetros y longitudes comerciales de las barras de acero disponibles en el mercado.

-Debe conocer y saber usar correctamente los equipos manuales y mecánicos para el corte y doblado de las barras.

-Debe conocer y aceptar las tolerancias aceptadas, según norma, para el corte y fabricación de las armaduras, saber las medidas mínimas y las medidas recomendadas para los diámetros de doblado de los ganchos.

-Debe tener conocimientos básicos de dibujo técnico.

-Debe saber dibujar plantillas de trabajo.

-Debe conocer y cumplir las normas, instrucciones y exigencias de prevención, higiene y seguridad.

ii.- Descripción del trabajo que realiza.

-Revisar el corte y estirado de rollos del acero en rollos, efectuado por los ayudantes.

-Dimensionar, cortar, grifar, armar y fijar las barras de acero en los bancos de trabajo o sitio de instalación de las armaduras.

-Realizar todo tipo de doblado y formas o figuras de barras.

-Instalar todo tipo de armaduras, en conjunto con los ayudantes, como por ejemplo columnas, vigas, cadenas, losas, etc.

-Hacer croquis que describen los detalles constructivos de las armaduras.

-Confecionar las plantillas de trabajo.

#### D).- MAESTRO ENFIERRADOR DE SEGUNDA

Es aquel trabajador que es dirigido por el jefe de obra, por el capataz o por el maestro de primera y trabaja con los maestros o cuadrilla de maestros de la especialidad o solo.

Se le exigen las mismas condiciones que las del ayudante, pero además la habilidad manual y haber trabajado mínimo 2 años como ayudante enfierrador.

##### i) Conocimientos

Debe tener los mismos conocimientos que un enfierrador de primera

##### ii) Descripción del trabajo que realiza

-Revisar el corte y estirado de rollos del acero en rollos, efectuado por los ayudantes.

-Enderezar, dimensionar, cortar, grifar, amarrar y armar barras de acero, en los bancos de trabajo o sitio de instalación de armaduras.

-Doblar Barras, estribos y otras formas o figuras de barras.

-Armar e instalar en conjunto con los ayudantes.

-Hacer croquis que describan los detalles constructivos de las armaduras.

#### D) AYUDANTE DE ENFIERRADOR.

Es aquel trabajador que es dirigido por el jefe de obra, capataz y enfierrador de primera y segunda.

Se exige que sea una persona sana, resistente y capaz de levantar elementos pesados y efectuar movimientos constantes de todo el cuerpo, tener una buena tolerancia al vértigo y equilibrio para el trabajo en andamios, tener habilidad manual y haber trabajado a lo menos dos años en faenas de construcción.

Descripción de trabajo que realiza:

-Acarrear materiales y pasar herramientas a los maestros.

-Medir, conforme a las indicaciones del maestro y ayudar a trazar.

- Enderezar el acero en rollos y dimensionar y cortar las barras.
- Ayudar a armar las armaduras en conjunto con los maestros.
- Instalar las amarras de alambre en conjunto con los enfierradores.
- Mantener limpios los equipos, herramientas y el lugar de trabajo.

## **2.5.-TRANSPORTE, RECEPCIÓN Y ALMACENAMIENTO.**

### **2.5.1.- TRANSPORTE**

Este ítem es de suma importancia para la obra, ya que el correcto y oportuno despacho de material a obra proporcionará un stock necesario para optimizar rendimientos y producción.

El transporte se hace por lo general en camiones con rampa sobre los 10 metros para así evitar que el material exceda el largo de ésta, ya que de lo contrario puede generar graves accidentes.

GERDAU (2008) establece algunos criterios mínimos para su transporte

- La carga debe ser uniformemente repartida y amarrada, en forma conveniente, para lograr la estiba correcta de los paquetes.
- Está prohibido que la carga exceda del largo normal de la rampa o plataforma del camión, con el objeto de evitar accidentes.

Por otra parte es necesario mencionar la legislación vigente que regula los pesos máximos que deben transportar los camiones para circular por las vías públicas, los cuales se detallan en la siguiente tabla.

**Tabla N° 3:** Peso por eje o conjunto de ejes

EJE	RODADO	TONS.
SIMPLE	SIMPLE	7
SIMPLE	DOBLE	11
DOBLE	SIMPLE	14
DOBLE	DOBLE+SIMPLE	16
DOBLE	DOBLE	18
TRIPLE	SIMPLE	19
TRIPLE	2 DOBLES + 1 SIMPLE	23
TRIPLE	DOBLE	25

Fuente: Ministerio de Obras públicas (MOP CHILE). 1980

Entiéndase por eje doble a un conjunto de dos ejes cuya distancia entre centros de rueda es superior a 1,2 m e inferior a 2,4 m.

Entiéndase por eje triple a un conjunto de tres ejes cuya distancia entre centros de ruedas extremas es superior a 2,4 metros e inferior a 3,6 metros.

No obstante los límites señalados anteriormente para cada conjunto de cualquier subcombinación de ejes del conjunto, se deberá respetar los máximos asignados a ella en forma individual

### **2.5.2.- RECEPCIÓN**

Una vez llegado el material a obra es necesario ingresarlo como stock de bodega. Para ello existen dos procedimientos dependiendo las características de las cargas. Si ésta se compra por peso o por barra.

Es necesario por lo tanto, para el primero, verificar que el peso especificado en la guía de despacho corresponda al recibido. Esto se comprueba mediante la utilización de un dinamómetro instalado en los ganchos de la grúa que indicará el peso real recepcionado.

Si la recepción indica el detalle por barras será necesario contabilizar el material recibido para aceptar el despacho.

El procedimiento de descarga requiere el riguroso seguimiento de los procedimientos de seguridad implementados por la obra, donde cada

empresa requiere tener protocolos de seguridad que indiquen las medidas de seguridad y prevención de riesgos.

Antes de izar cualquier carga mediante grúa, es necesario tener en consideración el peso máximo permitido con el que opera el sistema, y de esta manera asegurar la limitación de momento que está posee para una segura maniobra. Además, se requiere personal capacitado, llámese rigger, que asegure un correcto amarre de elementos y guíe en las maniobras al operador de la grúa.

A continuación se detalla el procedimiento adoptado por la empresa INGEVEC S.A para la descarga de acero.

La descarga de la enfierradura desde camión se realiza preferentemente con equipos mecánicos (grúa torre o camión grúa).

- Cuando la descarga se realice mediante grúa, hay que prevenir que ambos extremos del paquete sean levantados al mismo tiempo, para evitar posibles accidentes, tales como la tendencia a que un extremo del atado que se levanta, gire dando una sacudida violenta o latigazo.
- Está estrictamente prohibido que para levantar los rollos o paquetes de barras estos sean tomados de sus amarras, sino que deberán usarse y seleccionarse estrobos formados con cables de acero y ganchos de seguridad adecuados, eslinga cadena de 4 ramales, CADENA DE 10mm, gancho con seguro de autobloqueo.)
- La maniobra de descarga debe contar con supervisión directa en el lugar.
- Se debe utilizar una cuerda guía (vientos), para controlar la carga.
- Mantener el lugar de la descarga despejado y sin material que puede entorpecer la descarga a nivel de piso.
- En el área puede permanecer solo el personal autorizado para la descarga. (indicado en el registro de la ART).
- El personal no se puede ubicar bajo la zona de giro de la carga y zona de descarga final.
- El personal no puede perder de vista la maniobra de izaje, desde el camión hasta el punto final de descarga.

El personal que participe en esta actividad debe usar siempre chaleco reflectante

La siguiente imagen ilustra este procedimiento.

**Figura N° 6: Procedimiento de descarga de acero en obra**



Fuente: Elab. Propia

### **2.5.3 ALMACENAMIENTO**

El almacenamiento del material es uno de los problemas medulares a resolver para todo tipo de obra. El correcto almacenamiento del material recepcionado proporcionará orden, espacio y condiciones seguras de trabajo.

Se requiere planificar la zona de acopio, que organice el material por diámetros. Se requiere que las cargas descansen sobre cuartones separados aproximadamente 1,5 m para montar y desmontar las eslingas de transporte con grúa.

## **2.6.- ESTUDIO DE RIESGO**

Los procesos y operaciones que se realizan a diario en este tipo de trabajos, implican riesgos de accidentes, los cuales deben identificarse y evaluarse para implementar las medidas que eviten la ocurrencia de estos o minimizar al máximo las consecuencias que puedan generar. A continuación analizaremos cada uno de ellos de acuerdo al manual de procedimientos de trabajo de la constructora INGEVEC (2013):

a) Ruido industrial.

Consecuencias: Disminución de la capacidad auditiva

Prevención: En aquellos lugares, donde no ha sido posible eliminar o controlar el riesgo, los trabajadores deberán usar protectores auditivos.

b) Movimiento de materiales.

Consecuencias: Lesiones por esfuerzo excesivo, heridas, fracturas y caídas.

Prevención: Para el control de riesgos, se deben considerar las características del material, tales como peso y forma. Si es necesario, se deberá complementar el uso con elementos mecánicos auxiliares, además, usar los elementos de protección personal como casco, guantes, zapatos de seguridad, etc.

c) Proyección de partículas.

Consecuencias: Lesiones por cuerpos extraños, conjuntivitis, erosiones, quemaduras, etc.

Prevención: En las actividades que existan proyecciones de partículas, los supervisores deben asegurarse que las máquinas y equipos cuenten con protecciones y que éstas, permanezcan en su lugar y en óptimas condiciones. A su vez, los trabajadores deberán usar, en forma permanente los equipos de protección personal, como por ejemplo, protectores visuales y faciales.

d) Caídas.

Consecuencias: Esguinces, heridas, fracturas, contusiones o lesiones múltiples.

Prevención: Para el control de los riesgos de este tipo de accidentes, es preciso construir, armar, fijar y desarmar los andamios, rampas, escalas y carreras, de acuerdo a las normas establecidas, siendo responsabilidad del Jefe de Obra y de los Capataces, el inspeccionar y supervisar, permanentemente el estado en que se encuentren. Además, los trabajadores que realicen su actividad en altura, deberán estar unidos a una cuerda de vida con la cola fijada a un cinturón de seguridad tipo arnés. Por último, será responsabilidad de todos los trabajadores, el mantener las áreas de trabajo limpias y libres de materiales o elementos extraños que puedan ocasionar caídas.

## **2.7.- ARMADO E INSTALACIÓN DE ARMADURAS DE MUROS Y LOSA**

### 2.7.1.- LONGITUD DE DESARROLLO

#### 2.7.1.1.- Introducción

De acuerdo con el Código ACI 318 (2005), el concepto de longitud de desarrollo para el anclaje de la armadura, está basado en el esfuerzo de adherencia logrado a través de la longitud de las barras con resaltes o ganchos embebidos en el hormigón.

El propósito de requerir esta longitud de anclaje, en gran medida se debe a la tendencia de las barras altamente tensionadas a agrietar longitudinalmente secciones relativamente delgadas de hormigón, por lo que es necesario efectuar el anclaje hacia cada lado de la sección de los elementos sometidos a tracción o compresión, más allá de todos los puntos de esfuerzo máximo de la armadura.

Al respecto, cabe consignar que una sola barra embebida en un volumen de hormigón no requiere una longitud de desarrollo muy grande para su anclaje, pero una hilera de barras embebidas, aún en hormigón masivo, puede crear un plano débil con agrietamiento longitudinal a lo largo del plano de dichas barras.

Las longitudes mínimas de anclaje requeridas para barras con resaltes en tracción o compresión, se determinan a partir de los valores básicos para

cada diámetro de barra, definidos según el grado del acero y la calidad del hormigón utilizado, establecidas por la norma chilena NCh 170.Of 85, longitudes que están condicionadas ya que dependen de factores que pueden modificarla, según se trate de los casos que se explican en las secciones siguientes.(GERDAU AZA.2008)

#### 2.7.1.2.- Desarrollo para Barras Rectas en Tracción

La longitud de desarrollo para el anclaje de las barras con resaltes en tracción ( $l_d$ ), debe cumplir las condiciones exigidas en los párrafos a), b), y c) siguientes.

Condiciones:

- a) Las longitudes de desarrollo para barras con resaltes en tracción se dividen en dos casos, A y B, teniendo el Caso A dos condiciones, 1 y 2, tal como se presenta en las ilustraciones y fórmulas, de la TABLA N°3.
- b) Las longitudes de desarrollo para barras con resaltes en tracción no debe ser menor que 300 milímetros, aún incluida la aplicación de los factores de modificación de la TABLA N°4
- c) Las longitudes de desarrollo para barras con resaltes en tracción se modificarán según sea necesaria la aplicación de los factores que se presentan en la TABLA N°4.
- d) La longitud de desarrollo requerida para cada barra individual dentro de un paquete de barras sometido a tracción, debe ser aquella de la barra individual aumentada en un 20% para un paquete de 3 barras y en un 33% para un paquete de 4 barras.

**Tabla N° 4:** Factores de Modificación de la longitud de desarrollo para barras con resalte en tracción

Factor	Condición	Valor
$\alpha$ = factor de ubicación de la armadura	Armadura horizontal ubicada de tal manera que se vierten más de 300mm de hormigón fresco en el elemento, bajo la longitud de desarrollo o empalme en tracción.	1,3
	Otras armaduras en tracción	1,0
$\beta$ = Factor de revestimiento de la armadura	Barras revestidas con epóxico con recubrimientos menores que 3dn ó un espaciamiento libre menor a 6 dn	1,5
	Todas las demás barras revestidas con epóxico	1,2
	armaduras sin revestimiento epóxico	1,0
$\lambda$ = Factor por agregado del hormigón	Hormigón con agregado corriente	1
	Hormigón con agregado liviano	1,3
dn:	Diámetro nominal	
$\alpha+\beta$ :	No es necesario que sean mayor que 1,7	

e) Fuente: GERDAU. 2008

Los valores básicos de las longitudes de desarrollo calculadas, para el anclaje de barras con resaltes en tracción, expresadas en milímetros, que no consideran los factores de modificación a, b y l, se presentan en las TABLAS N°5 a la N°8 inclusive.

#### 2.7.1.3.- Desarrollo de Ganchos Estándar en Tracción

En el caso que las barras de refuerzo en tracción terminen en un gancho estándar o normal, en vez de contemplar una longitud como se indica en la sección anterior, cuyos valores básicos expresados en milímetros se muestran en las tablas N°10 y N°11 subsiguientes, y los factores de modificación descritos en la tabla N°9 si corresponde, para los ganchos con doblez de 90° y 180° mostrados en el ejemplo de la figura N°7.



**Tabla N° 5:** Factores de Modificación de desarrollo de ganchos estándar en tracción

Factor	Condición	Valor
Recubrimiento de Hormigón	Para barras de dn36 y menores, con recubrimiento lateral normales al plano del gancho no menor a 60 mm, y para ganchos de 90° con recubrimiento en la extensión de la barra más allá del gancho, no menor a 50 mm.	0,7
Amarras o estribos	para barras de dn36 y menores con ganchos normales de 90° o 180°, confinados vertical u horizontalmente por amarras o estribos espaciados a lo largo de la longitud de desarrollo total a no más de 3dn. Además, la primera amarra o estribo debe confinar la parte doblada del gancho, a una distancia menor a 2dn del borde externo del gancho	0,8
Armadura e exceso	Cuando no se requiera específicamente anclaje o longitud de desarrollo para $f_y$ , se dispone de armadura en exceso al requerido por el análisis	<u>As requerido</u> As proporcionado
$\beta$ = factor de revestimiento de la armadura	Barras con gancho estándar sin revestimiento epóxico	1,0
	Barras con gancho estándar que van cubiertas con revestimiento epóxico	1,2
$\lambda$ = factor de agregado del hormigón	Hormigón con agregado corriente	1,0
	Hormigón con agregado liviano	1,3
dn: Diámetro nominal de la barra As: Área de la armadura, mm <sup>2</sup>		

Fuente: GERDAU. 2008

#### 2.7.1.4.- Desarrollo para Barras Rectas en Compresión

- a) La longitud de desarrollo para el anclaje de barras con resaltes sometidas a esfuerzos de compresión, expresada en milímetros, debe ser la mayor entre los valores definidos por las formulas (i) y (ii) que siguen.

Fórmula (i)

$$\ell_{dc} = 0,043 d_n f_y \geq 200 \text{ mm.}$$

Fórmula (ii)

$$\ell_{dc} = 0,24 d_n f_y / \sqrt{f'_c} \geq 200 \text{ mm.}$$

- b) La longitud de desarrollo para el anclaje de barras con resaltes en compresión no deben ser menores que 200 milímetros, aun incluido la aplicación de los factores de modificación del punto c) siguiente.

Las longitudes de desarrollo para las barras con resaltes rectas, sometidas a esfuerzos de compresión, aceros grados A630 y A440, se presentan tanto en la tabla n°12, que no contempla las calidades del hormigón, y en las tablas N°13 y N°14 que si los considera.

Es de suma importancia reiterar que el valor adoptado deberá ser aquel que, al comparar las tablas, corresponda al mayor valor observado.

**Tabla N° 6:** Longitud de Desarrollo mínima para barras en compresión

Diámetro nominal barra (mm)	Grado del Acero	
	A630	A440
8	144	96
10	181	120
12	217	144
16	289	193
18	325	217
22	397	265
25	452	301
28	506	337
32	578	385
36	650	433

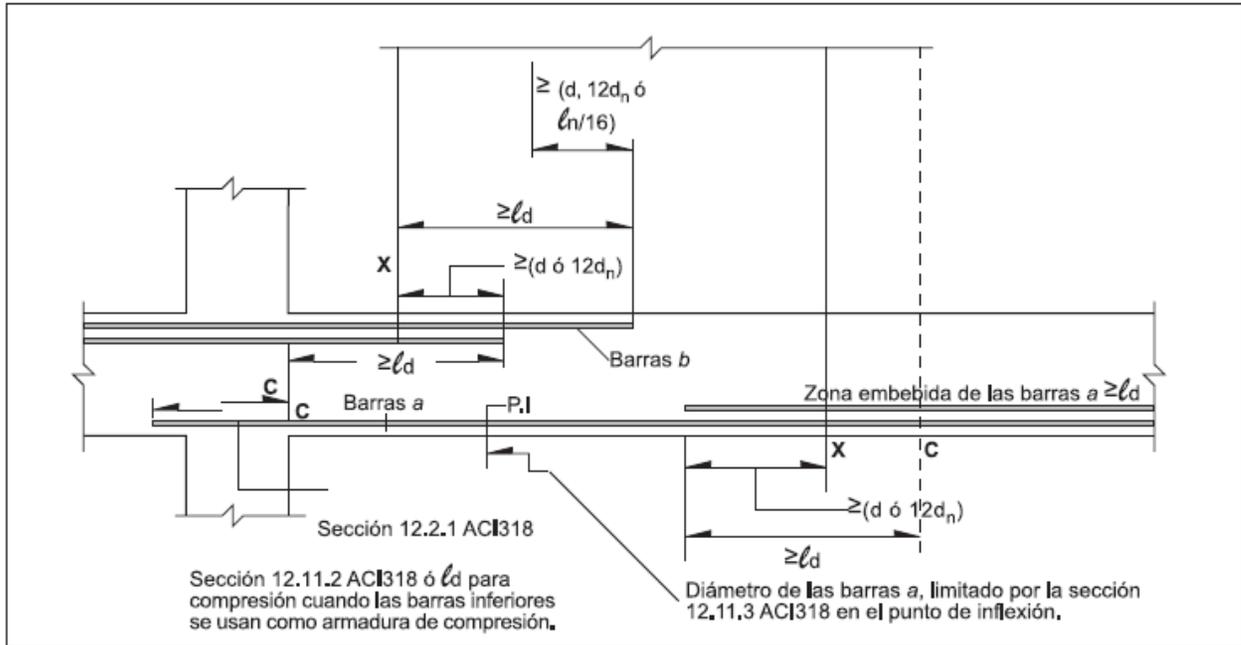
Fuente: GERDAU. 2008

#### 2.7.1.5.- Desarrollo de la Armadura de Flexión

Excepto en los apoyos de vigas simplemente apoyadas y en el extremo libre de voladizos, la armadura por tracción se deberá extender más allá del punto en el que teóricamente ya no es necesario resistir la flexión (Puntos de Inflexión), por lo que no se requiere cuantía de acero para resistirla, en una longitud igual al mayor valor dado por la altura efectiva  $h$  del elemento de hormigón o 12 veces el diámetro  $d_n$  de la barra. Para una mejor comprensión, en la figura N°8 se ilustra gráficamente este concepto mediante un ejemplo en una viga continua típica.

En la tabla N°15 se entregan los valores en milímetros, redondeados al centímetro superior cuando corresponde, para la longitud del anclaje de barras localizadas en zonas sin sollicitación por flexión, en base al diámetro de la barra e independiente del grado del hormigón utilizado.

**Figura N° 8: Ejemplo de Armadura por flexión en una viga típica**



Fuente: ACI 318. 2005

**Tabla N° 7: Longitud de anclaje mínima para barras de la armadura en flexión**

Diámetro de la barra (mm)									
8	10	12	16	18	22	25	28	32	36
100	120	150	200	220	270	300	340	390	440

Fuente: GERDAU. 2008

Comentario:

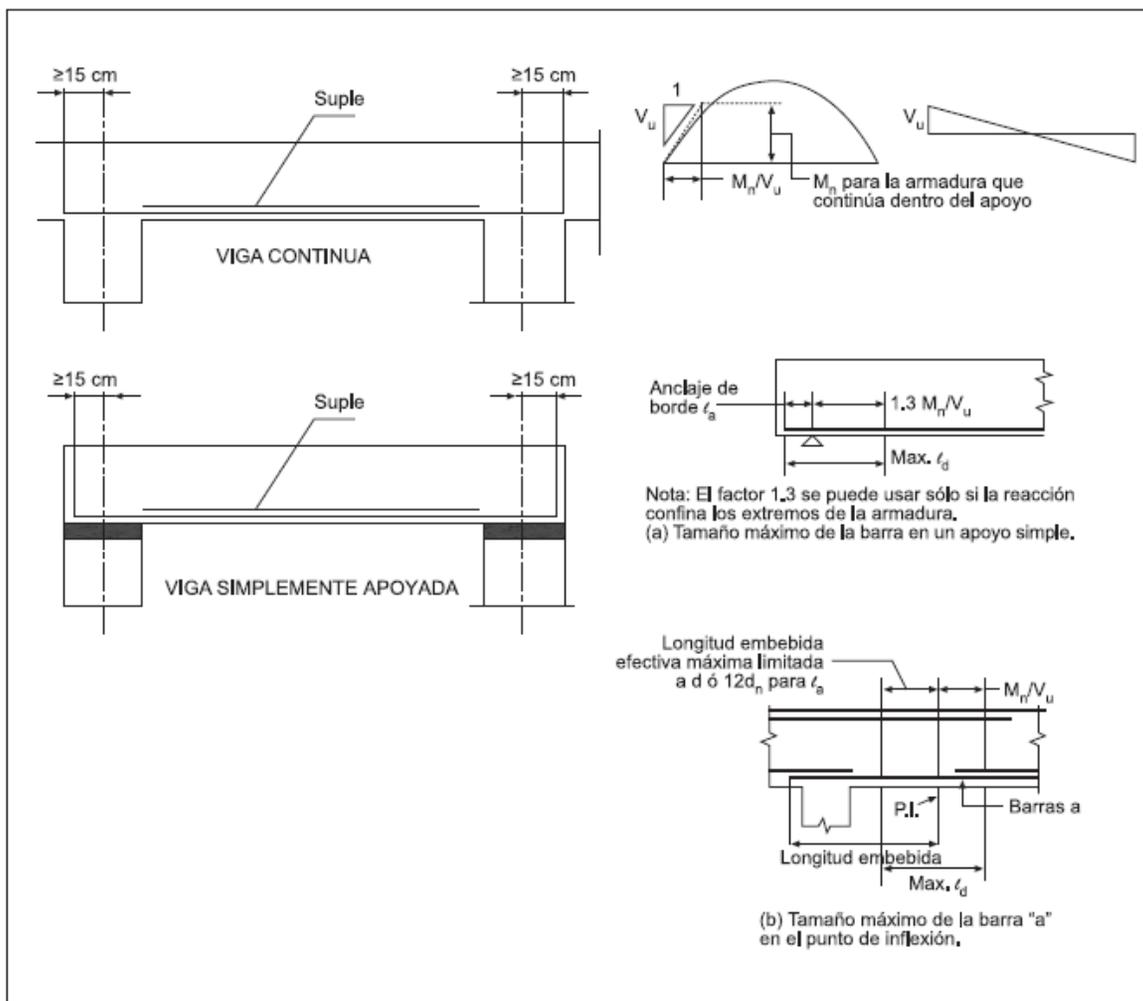
No se deben usar paquetes de barras en elementos en que el acero pueda entrar en rango plástico o donde pueda quedar sometido a esfuerzos alternados de compresión y tracción.

#### 2.7.1.6.- Desarrollo de la Armadura para Momento Positivo

En las zonas de momento positivo, se requiere que a lo menos una tercera parte de las armaduras especificadas en vigas simplemente apoyadas y una cuarta parte de las armaduras especificadas en vigas continuas, se prolonguen a lo largo de la misma cara del elemento hasta el apoyo, con una extensión mínima de 15 centímetros más allá del eje del apoyo, tal como se muestra en los ejemplos de la figura N°9, con el propósito de considerar eventuales cambios en los momentos debido a variaciones de la carga, asentamiento del apoyo, efecto de cargas laterales y otras causas.

Además, se deberá considerar que cuando un elemento sometido a flexión sea parte fundamental de un sistema que resiste cargas laterales, la prolongación de la armadura requerida en el apoyo se deberá anclar adecuadamente, para que sea capaz de desarrollar la tensión de fluencia especificada por tracción en la cara de apoyo y la flexibilidad de repuesta en caso de tener esfuerzos adicionales, tales como sismos. Por lo tanto en este caso no se deberá aplicar el factor de reducción área acero requerido/Área acero proporcionado, de la tabla N°9

**Figura N° 9:** Ejemplo de anclaje en zonas de momento positivo



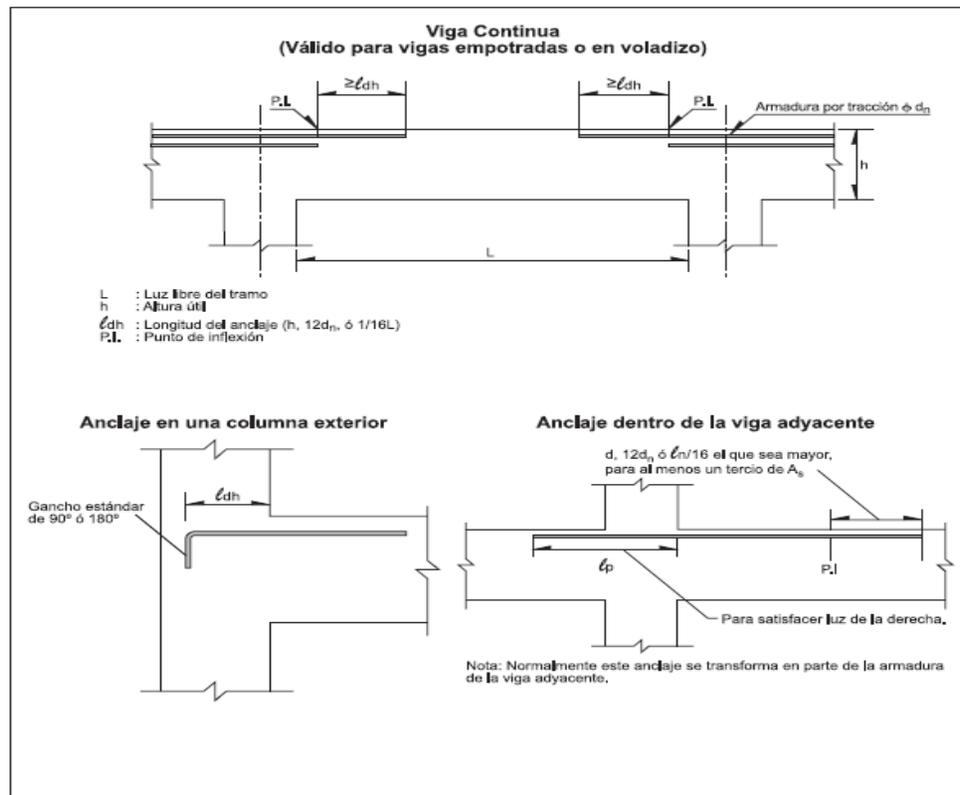
Fuente: ACI 318. 2005

### 2.7.1.7.- Desarrollo de la Armadura para Momento Negativo

En las zonas de momento negativo de un elemento continuo, empotrado o en voladizo, o en cualquier elemento de un marco rígido, tal como se muestra en el ejemplo de la figura N°10, se requiere que por lo menos una tercera parte de la armadura total por tracción proporcionada deba anclarse en o a través de los elementos de apoyo, mediante una longitud embebida más allá del punto de inflexión, igual al mayor valor dado por la altura útil  $h$  del elemento, 12 veces el diámetro  $d_n$  de la barra ó  $1/16$  de la luz libre  $L$  del tramo, o mediante ganchos normales de longitud de anclaje

conforme a los valores dados en las tablas N°10 y N°11, incluidos los factores de modificación indicados en la tabla N°11 precedente.

**Figura N° 10:** Ejemplo de anclaje en zonas de momento Negativo



Fuente: ACI 318. 2005

#### 2.7.1.8.- Desarrollo de la Armadura del Alma

Conforme a lo dispuesto en la sección 12.13 del Código ACI 318-2002, la armadura del alma debe instalarse lo más cerca posible de las superficies sometidas a tracción y compresión del elemento, tanto como lo posibilitem los requisitos de recubrimiento señalados en el capítulo 6 del presente Manual y la proximidad de otras armaduras.

Los extremos de las ramas individuales de los estribos en U, simples o múltiples, deben anclarse e instalarse alrededor de la armadura longitudinal, y sus ganchos cumplir con las medidas mínimas señaladas en las tablas N°16 a la N°18 siguientes, para acero grado A440.

En el alcance al pié de la tabla N°18, se explican las condiciones explícitas que se deben cumplir para el acero grado A630.

**Tabla N° 8:** Armadura del alma. Medidas mínimas estribos en U con ganchos

Diám. Nominal barra (mm)	D mínimo (mm)	K Mínima (mm)	Detalle del gancho Dobleza de 90°
8	32	48	
10	40	60	
12	48	72	
16	64	96	
18	108	216	
22	132	264	
25	150	300	
Acero A440 ( $f_y = 280$ Mpa)			

Fuente: GERDAU. 2008

**Tabla N° 9:** Armadura del alma. Medidas mínimas estribos en U con ganchos

Diam. Nominal barra (mm)	D mínimo (mm)	K Mínima (mm)	Detalle del gancho Dobleza de 90°
8	32	48	
10	40	60	
12	48	72	
16	64	96	
18	108	216	
22	132	264	
25	150	300	
Acero A440 ( $f_y = 280$ Mpa)			

Fuente: GERDAU. 2008

**Tabla N° 10:** Armadura del alma. Medidas mínimas estribos en U con ganchos

Diam. Nominal barra (mm)	D mínimo (mm)	K Mínima (mm)	Detalle del gancho Dobleces de 90°
8	32	48	
10	40	60	
12	48	72	
16	64	96	
18	108	216	
22	132	264	
25	150	300	
Acero A440 ( $f_y = 280$ Mpa)			

Fuente: GERDAU. 2008

Condiciones:

Para barras de acero grado A630 ( $f_y = 420$  MPa).

- El ingeniero a cargo del proyecto estructural debe verificar la longitud embebida.
- Para los ganchos de los estribos son preferibles dobleces de 135° ó 180°, pero es aceptable el uso de ganchos de 90° siempre y cuando el extremo libre K del gancho tenga una extensión  $\geq 12d_n$  de la barra.
- Los estribos en U con  $d_n 18, 22$  y  $25$ mm deben anclarse mediante un gancho estándar alrededor de una barra longitudinal más una longitud embebida, entre el punto medio de la altura del elemento y el extremo exterior del gancho, igual o mayor que  $0,17d_n f_y / f_c$ .

## 2.7.2 ARMADURA TRANSVERSAL PARA ELEMENTOS EN COMPRESIÓN

La armadura transversal de elementos en compresión debe cumplir con las disposiciones siguientes, salvo que los planos o el ingeniero estructural responsable del proyecto disponga otra cosa.

Para el caso que se requiera armadura por corte o torsión o armadura para elementos compuestos en compresión, los requisitos y su cumplimiento deben ser establecidos por el proyectista.

### Amarras

Las amarras para elementos en compresión deben mantenerse firmemente colocadas, bien alineadas y cumplir con las condiciones siguientes.

- a) Todas las barras longitudinales deben estar confinadas por medio de amarras transversales construidas a partir de barras con resaltes de por lo menos 10 milímetros de diámetro para barras de  $d_n$  32mm o menores; y de diámetro mínimo de 12 milímetros para barras longitudinales de  $d_n$  36mm y paquetes de barras.
- b) El espaciamiento vertical de las amarras no debe exceder de  $16d_n$  de la barra longitudinal, de  $48d_n$  de la barra de las amarras, o de la menor dimensión del elemento en compresión.
- c) Las amarras deben disponerse de tal forma que cada barra longitudinal de esquina y barra alternada, tenga apoyo transversal proporcionado por la esquina de una amarra con un ángulo interior de doblado no mayor de  $135^\circ$ , y ninguna barra longitudinal debe estar separada a más de 150 milímetros libres, de una barra apoyada transversalmente.
- d) Cuando las barras longitudinales estén localizadas alrededor del perímetro de un círculo, se debe permitir el uso de una amarra circular completa.
- e) La distancia vertical entre las amarras de los extremos de los elementos y la parte superior de la zapata o losa de entrepiso, o la armadura horizontal más baja de la losa, con o sin ábaco, debe ser menor a la mitad del espaciamiento entre amarras.

f) Cuando las vigas o ménsulas concurren a una columna desde cuatro direcciones distintas, se permite colocar la última amarra a no más de 75 milímetros debajo de la armadura más baja de la viga o ménsula de menor altura.

g) En el lugar de los extremos de las columnas o dados donde se instalen pernos de anclaje, éstos deben ser circundados por armadura lateral que también rodee al menos cuatro caras verticales de la columna o dado. La armadura transversal debe distribuirse dentro de 125 milímetros desde el tope de la columna o dado y debe consistir en al menos dos barras de  $d \geq 12\text{mm}$  o tres de  $d \geq 10\text{mm}$ .

Igual o menor que 150 mm

Igual o menor que 150 mm

Puede ser mayor que 150 mm.

No requiere amarra intermedia

135° Máximo

### 2.7.3 ARMADURA TRANSVERSAL PARA ELEMENTOS EN FLEXIÓN

a) La armadura de compresión de vigas debe confinarse con estribos o amarras que satisfagan las limitaciones de tamaño y espaciamiento establecidas en la sección 5.5.2 precedente, y deben colocarse en todos los sectores donde se requiera armadura de compresión.

b) La armadura transversal para elementos de marcos en flexión sometidos a esfuerzos reversibles o a torsión en los apoyos, debe consistir en amarras cerradas, estribos cerrados o zunchos, que se extiendan alrededor de la armadura de flexión.

c) Las amarras y estribos cerrados se deben formar de una sola pieza, traslapando sus ganchos extremos alrededor de una barra longitudinal, o se deben formar de una o dos piezas unidas mediante un traslape Clase B (sección 5.8) o anclándolas de acuerdo a lo dispuesto en la sección 5.3.8 precedente.

#### 2.7.4 EMPALMES DE LAS BARRAS

Las longitudes para el empalme entre barras con resaltes, se clasifican según el tipo de sollicitación a la cual estén sometidas las barras, tracción o compresión, al grado del acero y calidad del hormigón utilizado. Se pueden efectuar mediante el traslape de las barras fijándolas con alambre, que es lo más habitual en Chile, o utilizando conexiones mecánicas, si así lo permiten las especificaciones y los planos y lo autoriza el profesional competente responsable del proyecto.

Condiciones generales:

- a) Aún cuando, la sección 12.14 del Código ACI 318-2002 permite el uso de un empalme mecánico para barras en tracción o compresión, este debe ser completo y desarrollar al menos un 125% de la tensión de fluencia  $f_y$  especificada para el acero de la barra.
- b) Aunque la norma chilena NCh 204 (2008) no garantiza la soldabilidad de las barras con resaltes para hormigón, en casos muy especiales puede ser especificado por ingeniería el empalme soldado, siempre y cuando esté considerada la soldabilidad del acero en cuanto a su composición química o índice de carbono equivalente (CE), se obtenga la aprobación previa del IDIEM, DICTUC, u otro organismo autorizado por el estado, y que esta actividad sea realizada por personal calificado y adecuadamente controlado.
- c) Dado que sólo se permite hacer empalmes cuando lo permitan los planos de cálculo y sus especificaciones, es importante tomar la precaución de no tener varios empalmes en el mismo punto o proyección, es decir deben estar escalonados.
- d) Los traslapes de las barras individuales del paquete no deben superponerse y no deben traslaparse paquetes enteros.
- e) En los elementos sometidos a flexión, las barras individuales traslapadas que no queden en contacto entre sí, no deben

separarse transversalmente a más de  $1/5$  de la longitud de traslape requerida, ni más de 150 milímetros.

Para el proyecto en estudio, el calculista indica un empalme mínimo de 60 veces el diámetro más 10 cm ( $60\phi+10$ ) para barras rectas, y  $30\phi+10$  para mallas.

## **2.8.-PRODUCTOS NO CONFORMES DE EJECUCIÓN**

Los productos no conformes son aquellos elementos que no cumplen con los requisitos impuestos por el departamento de calidad basados en las NCH.

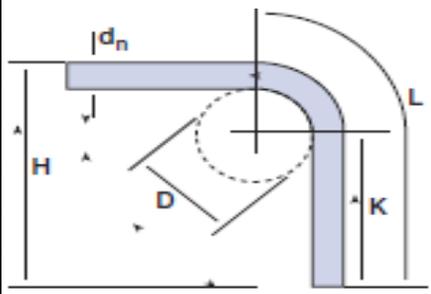
La instalación de la enfierradura en INGEVEC esta normada por el “Procedimiento para la Instalación de Enfierraduras Edificación en Altura”, para asegurar la correcta instalación

Al momento de preparar la armadura se debe tener en cuenta que hay que cumplir con los requisitos del proyecto, para no incurrir en un PNC (Producto No Conforme). En este caso se considerará el proyecto Espacio Condell que se detalla en el capítulo IV.

### a) Ganchos Sísmicos:

De acuerdo a lo establecido por el Código de Diseño de Hormigón Armado ACI 318, se debe considerar que: Para amarras cerradas y amarras enrolladas en forma continua definidos como cercos, se necesita un dobléz de  $135^\circ$ , excepto que los cercos circulares deben tener un dobléz a  $90^\circ$ . Los ganchos deben tener una extensión "K" de al menos 6 veces el diámetro  $d_n$  de la barra, pero no menor a 75 mm.

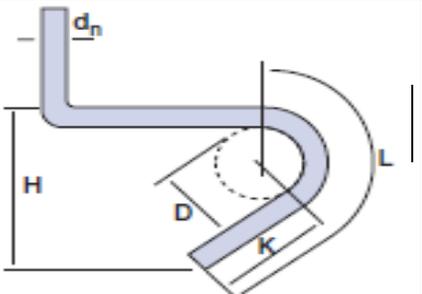
**Tabla N° 11:** Medidas mínimas para Ganchos sísmicos

Diam. Nominal barra (mm)	D (mm)	K (mm)	H (mm)	L* (mm)	Doblez de 90°
8	48	75	107	138	
10	60	75	115	154	
12	72	75	123	169	
16	96	96	160	222	
18	108	108	180	249	
22	132	132	220	305	
25	150	150	275	346	

(\*) La longitud total del gancho (L) está medida por la cara exterior de la barra

Fuente: GERDAU. 2008

**Tabla N° 12:** Medidas mínimas para Ganchos sísmicos

Diam. Nominal barra (mm)	D (mm)	K (mm)	H (mm)	L* (mm)	Doblez de 90°
8	48	75	115	169	
10	60	75	130	193	
12	72	75	146	216	
16	96	96	191	284	
18	108	108	215	320	
22	132	132	265	391	
25	150	150	300	445	

(\*) La longitud total del gancho (L) está medida por la cara exterior de la barra

Fuente: GERDAU. 2008

b) Largos y diámetros de los elementos:

Según planos de cálculo.

Algunos casos del incumplimiento del procedimiento que podemos encontrar en obra son los siguientes:

- Cumplimiento de cuantía

4Ø25 en terreno, 4Ø28 en planos.

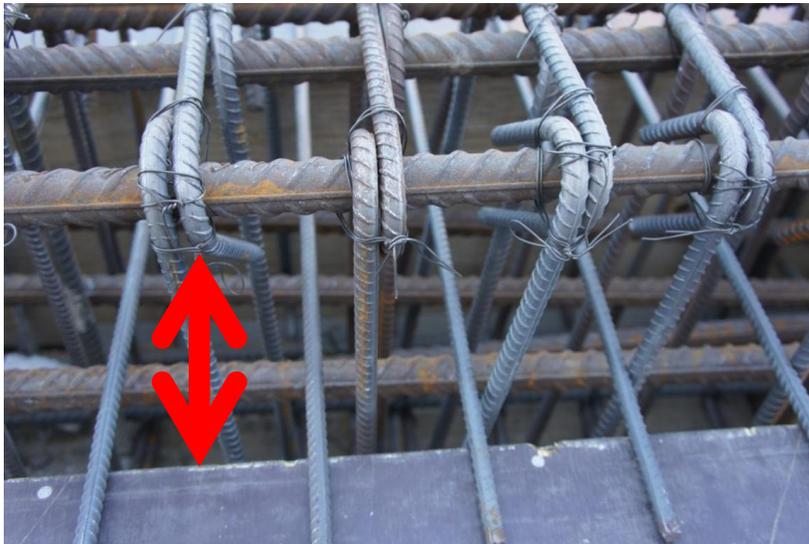
**Figura N° 11:** Producto no conforme 1



Fuente: ITEC. 2012

- Falta segunda capa en viga.

**Figura N° 12:** : Producto no conforme 2



Fuente: ITEC. 2012

- No se respeta diámetro mínimo de doblado para fe correspondiente provocando fisura y quiebre de la barra

**Figura N° 13:** : Producto no conforme 3



Fuente: ITEC. 2012

- Extensión de la barra insuficiente según AC318, en este caso min. 7,5cm para refuerzos sísmicos.

**Figura N° 14:** : Producto no conforme 4

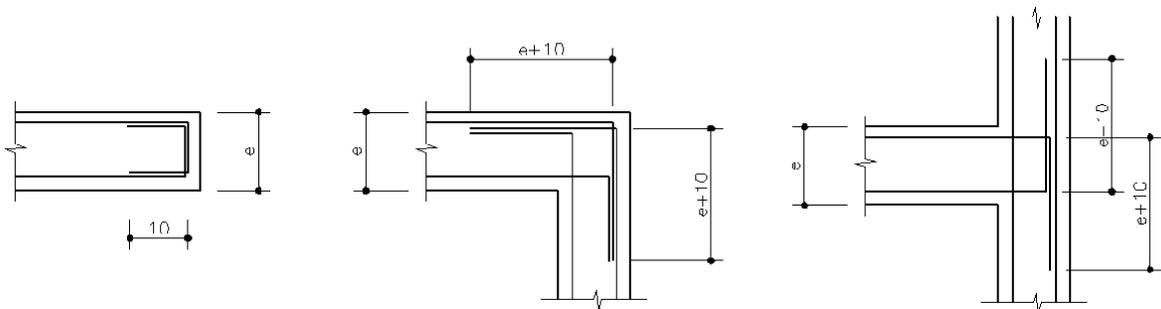


Fuente: ITEC. 2012

## 2.9.-DETALLES CONSTRUCTIVOS TIPO

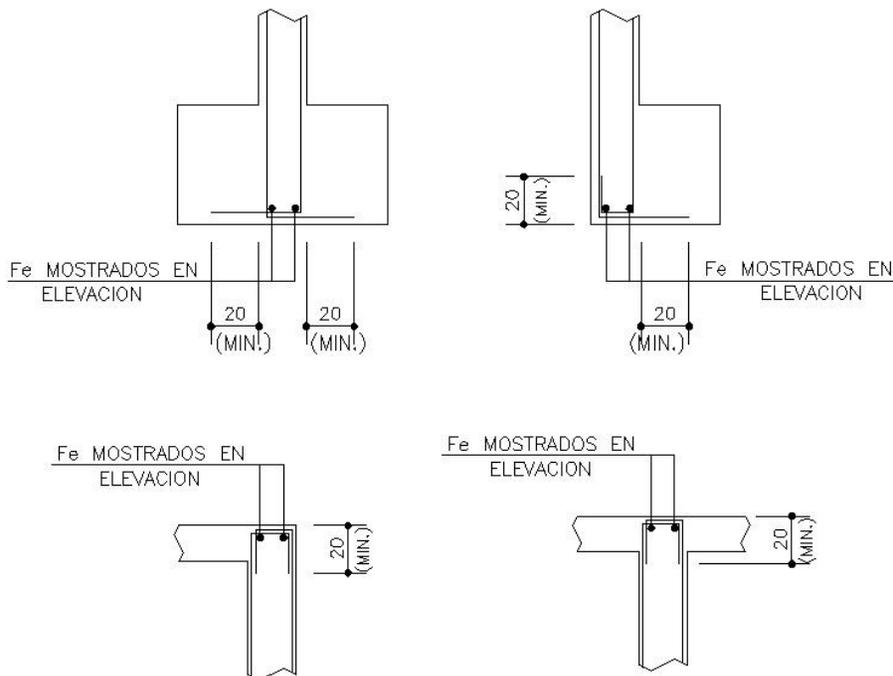
A continuación se muestran los detalles típicos entregados por el calculista basados en la norma ACI318 para el proyecto en estudio.

**Figura N° 15:** Detalles típicos para mallas horizontales



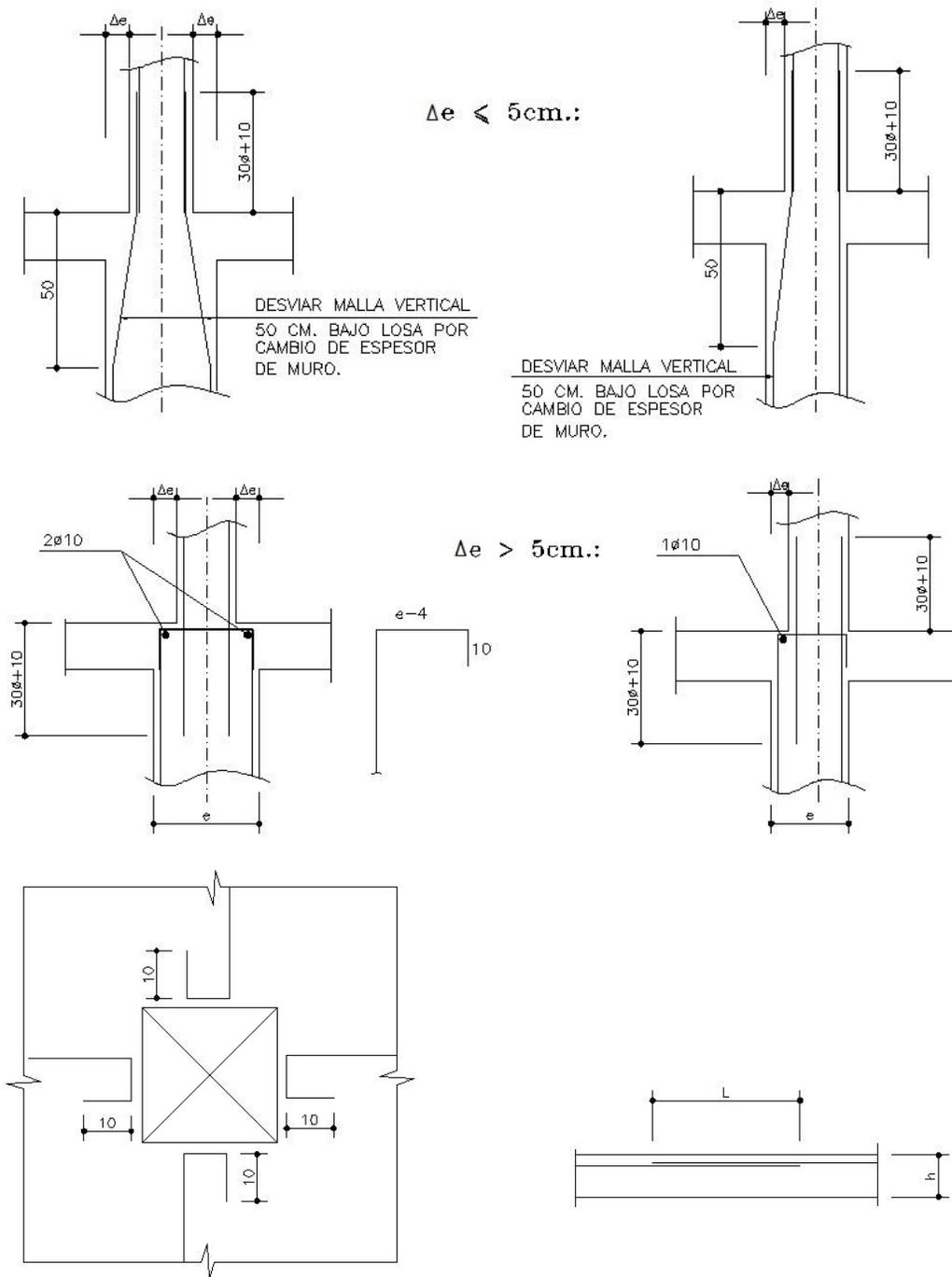
Fuente: Planos proyecto Condell, INGEVEC. 2013

**Figura N° 16:** Detalles típicos de mallas vertical



Fuente: Planos proyecto Condell, INGEVEC. 2013

**Figura N° 17:** Empalme verticales en mallas de muros con cambio de espesor



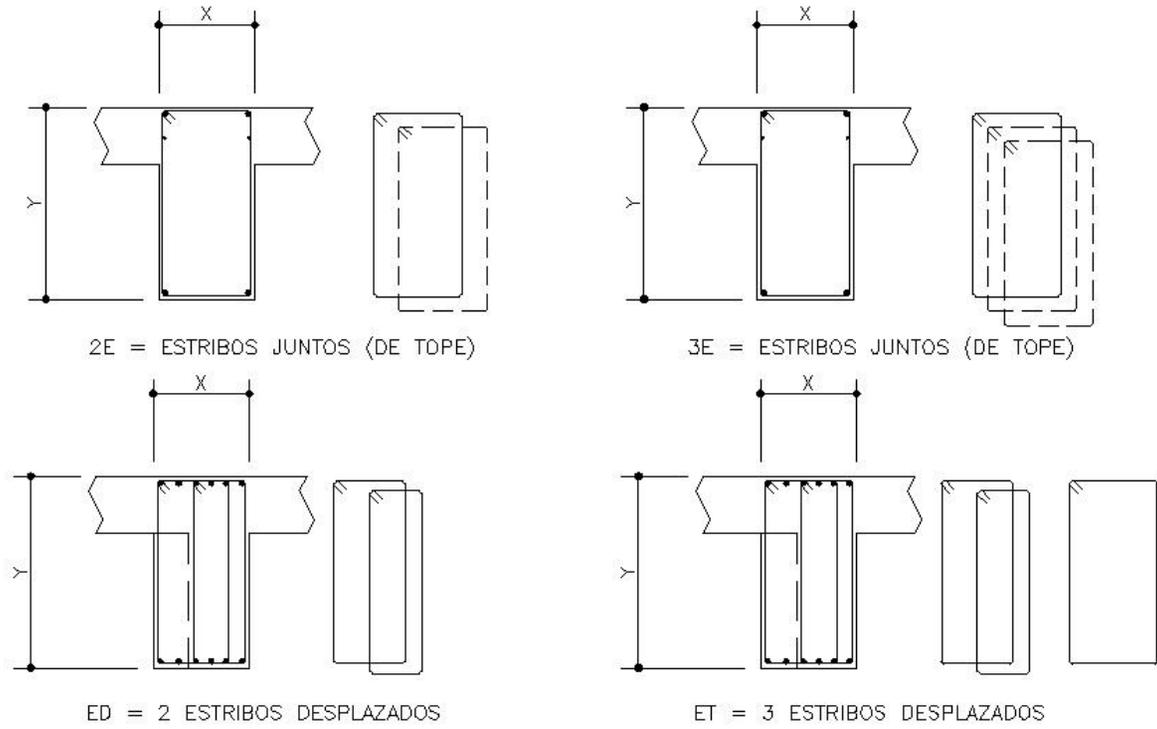
DETALLE MALLA EN PERFORACION

EMPALME BARRAS POR TRASLAPO

INTERIOR DE MURO

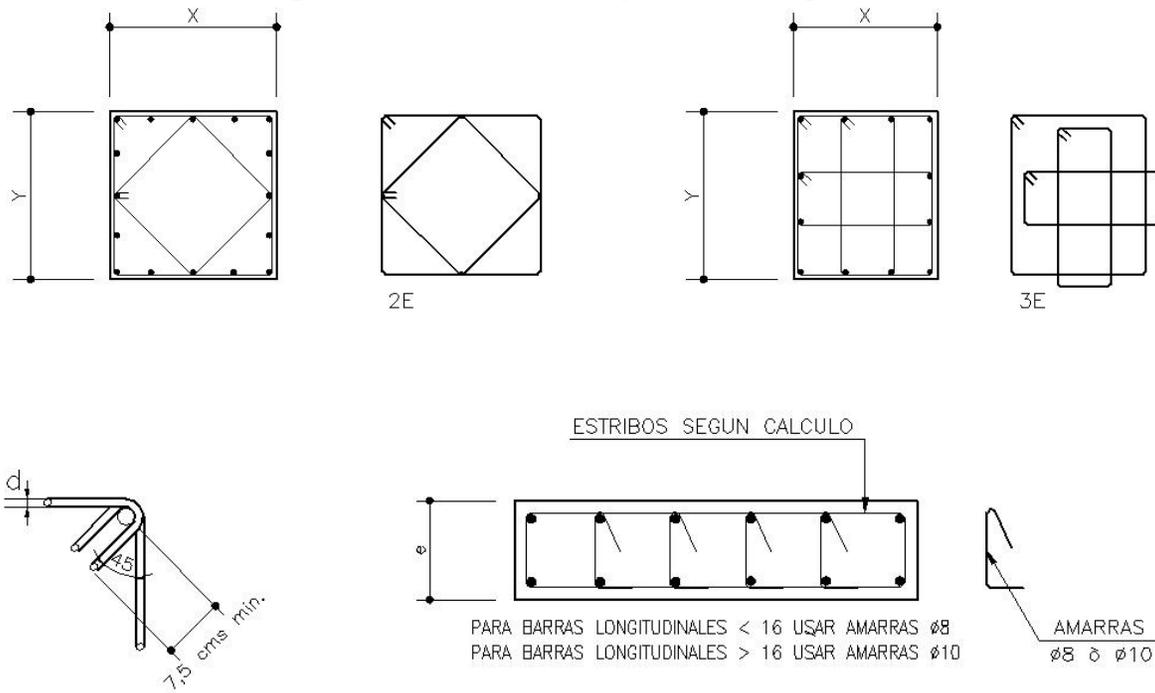
Fuente: Planos proyecto Condell, INGEVEC. 2013

**Figura N° 18:** Estribos de vigas



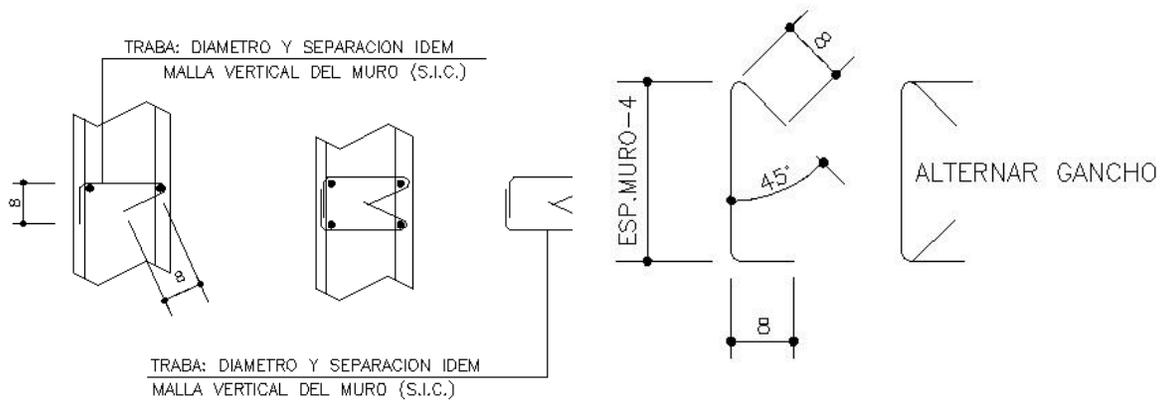
Fuente: Planos proyecto Condell, INGEVEC. 2013

**Figura N° 19: Estribos y trabas de pilares**



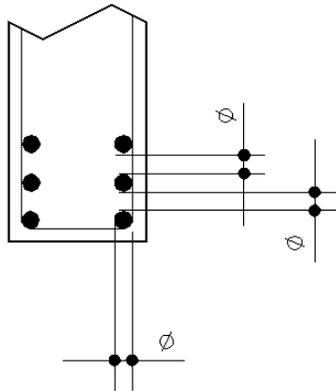
Fuente: Planos proyecto Condell, INGEVEC. 2013

**Figura N° 20: Detalle típico de Trabas para muros**



Fuente: Planos proyecto Condell, INGEVEC. 2013

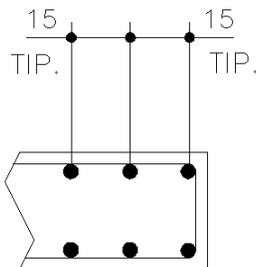
**Figura N° 21:** Ubicación capas de fierros en viga



Nota: la separación de los fierros entre las capas será igual al  $\emptyset$  de la 1° capa.

Fuente: Planos proyecto Condell, INGEVEC. 2013

**Figura N° 22:** Ubicación capas de fierros verticales en muros



Nota: la separación de los fierros entre las capas será igual a 15cm.

Fuente: Planos proyecto Condell, INGEVEC. 2013

## **CAPÍTULO III.- SISTEMAS DE PREPARACIÓN DE ARMADURAS**

### **3.1 INTRODUCCION**

En el siguiente capítulo se estudiarán los dos sistemas de preparación de armaduras, el industrializado y el fabricado en obra, con el objeto de describir cada uno de los aspectos relevantes para su análisis y posterior comparación.

### **3.2.- MÉTODO TRADICIONAL FABRICADO EN OBRA**

El método tradicional es aquel en el cual toda enfierradura es preparada en un taller, dentro o fuera de la obra. Aunque el sistema industrializado ha crecido, actualmente el tradicional sigue siendo el sistema mayormente usado por las obras en Chile .

Cuando se prepara el fierro en obra se debe cumplir con las especificaciones técnicas de doblado según planos y normas, y con la procedencia del fierro según especificaciones del proyecto.

Para poder trabajar con este sistema se debe tener en cuenta los siguientes puntos:

a) Mano de obra especializada:

Se requiere de trabajadores capacitados para este tipo de trabajos, ya que estos deben tener conocimientos para manejar maquinarias especiales para la faena.

b) Terreno para instalar el patio de enfierradores:

Se debe de disponer con cancha suficiente para la instalación de maquinaria y el acopio de materiales. Según logística puede arrendar un predio colindante para instalar el patio de enfierradores u optar por instalar el patio en un área dentro de la obra como es el caso del proyecto que estudiamos “Espacio Condell”.

c) Herramientas y maquinaria:

Tales como la dobladora, esmeriles angulares, etc.

**Figura N° 23:** Equipos de trabajo sistema tradicional



i)



ii)



iii)



iv)

- i) y ii) Máquina dobladora BM7p. trifásica.
- ii).- Camisas de doblado
- iv) Esmeril angular 7"

Fuente: Elab. Propia

- d) Una buena programación:  
Quizás el punto más importante, ya que esta permite comprar los materiales para avanzar según programa de obra y evita la compra anticipada de los mismos que puede provocar el acopio innecesario.

e) Sistema de prevención de riesgos:

Se debe crear un procedimiento de trabajo para evitar accidentes e incidentes desde el momento en que llega el fierro a hasta su instalación en obra.

Este sistema tiene la ventaja de preparar el fierro que se necesita en el momento sin necesidad de parar los trabajos por falta de material, para esto se requiere de una buena logística de la cual se encarga el profesional de terreno.

### 3.3.- SISTEMA INDUSTRIALIZADO

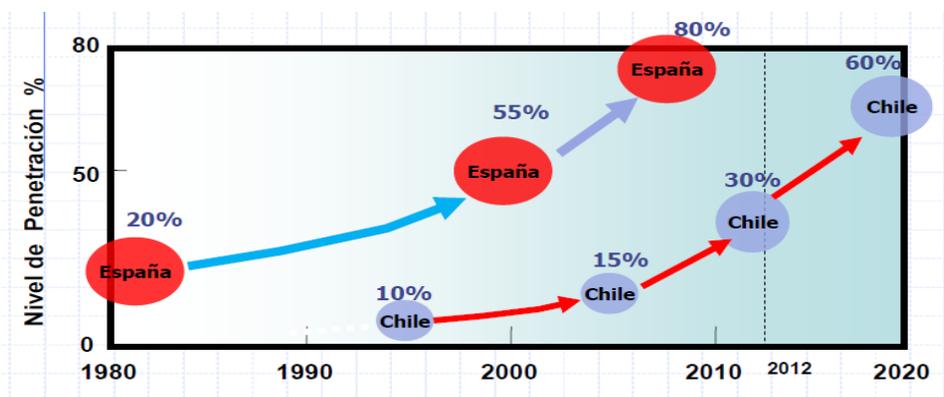
En la construcción de edificios, la preparación e instalación del fierro es un proceso que implica tiempo y mano de obra especializada. Es importante que este proceso sea programado y continuo con el fin de no atrasar la colocación del encofrado y el vaciado del hormigón.

En Chile, a diferencia de los países europeos, aún se utiliza el método tradicional, que consiste en preparar este material en obra, lo que obliga a las empresas constructoras a disponer de amplios espacios libres, mayores riesgos de costos debido a los errores en la gestión de compra o en la fabricación, pérdidas materiales por el mal dimensionamiento o aprovechamiento de los largos disponibles, necesidad de mano de obra especializada, y un mayor costo financiero al tener que comprar el acero en forma anticipada.

En los países más desarrollados, la preparación de la armadura es en su mayoría industrializada, el acero es cortado y doblado por empresas especializadas y luego transportados a la obra, listo para su instalación. Muchas veces, este tipo de empresas también incluyen en sus servicios el armado, permitiendo un aumento importante en el rendimiento y una reducción de costos y mano de obra para la empresa.

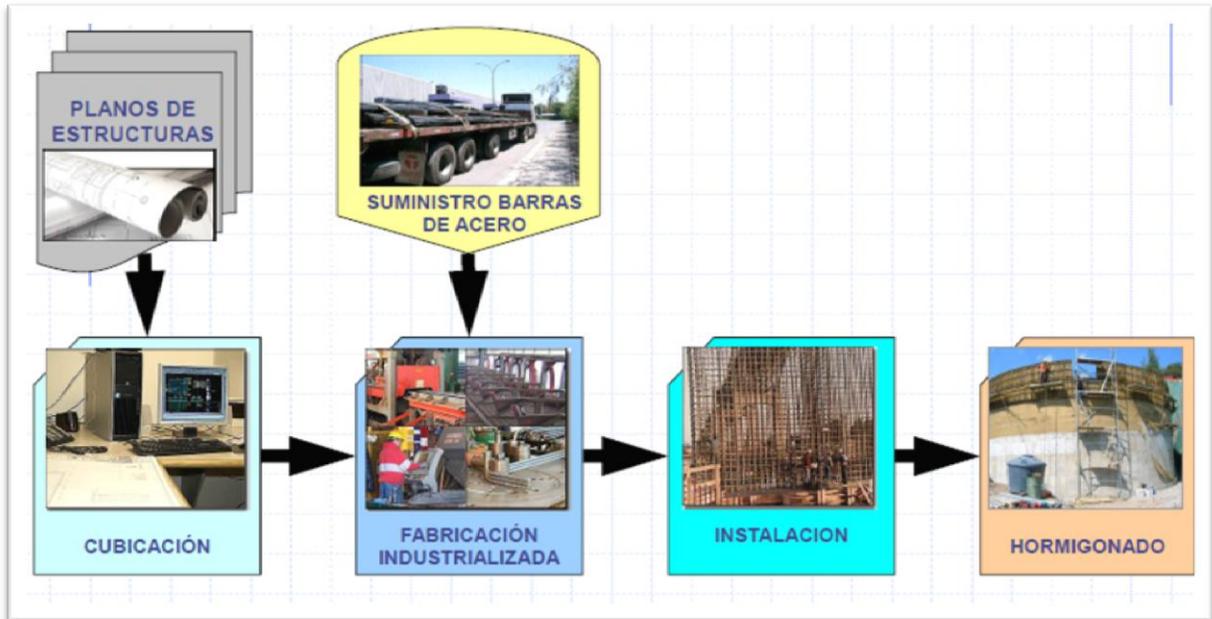
De acuerdo a estudios realizados por el instituto tecnológico del acero, actualmente en Chile la tecnología de la enfierradura industrializada tiene una penetración de un 30% en el mercado, en contraste con países europeos, donde ésta supera el 80%. Se espera que para el 2020 este porcentaje de penetración llegue a un 60% en nuestro país.

**Figura N° 24:** Evolución estimada de la enfierradura industrializada



Fuente: ITEC (2012)

**Figura N° 25:** Secuencia de Enfierradura industrializada



Fuente: ITEC (2012)

El método industrializado busca, en principio:

#### **a.-Control de material**

Todas las empresas que prestan este servicio, cuentan con departamentos técnicos encargados de las cubicaciones y la fabricación exacta de enfierradura indicada en los planos.

Es importante complementar la cubicación con una verificación interna de las cubicaciones por parte de la constructora.

#### **b.- Control calidad de enfierradura**

Este punto requiere suma importancia, ya que todo elemento preparado debe dar fiel cumplimiento a las especificaciones, planos y normativa vigente.

Las empresas de servicio deben fabricar con certificaciones y planes de aseguramiento de la calidad, evitando sobreproducción y errores.

Dentro de esto último, ellas deben realizar una trazabilidad de sus productos.

#### c.- Eficiencia del recurso Humano

Existen algunas empresas que abarcan todo el proceso, desde la preparación de armaduras en planta hasta la instalación. Esto les resulta más rentable, debido a que la preparación sólo tiene un importe de un 25% aproximadamente. Sin embargo, la mayoría de las empresas contrata el servicio de cortado y doblado en planta, y la instalación la ejecuta mediante mano de obra especializada con contrato directo o subcontrato.

#### d.- Eficiencia logística

Dentro de la cadena de valor, el suministro a obra resulta clave para que no se produzcan atrasos en la producción. Para que esto suceda, debe existir una coordinación entre la planta y la constructora para la programación y despacho de acuerdo a la necesidad de la obra.

Como es lógico, al no requerir el taller de fabricación y un mínimo espacio para almacenaje, se optimiza el espacio físico en obra

#### e.- Eficiencia constructiva

Al tener un mayor control en la secuencia de producción y despacho, se minimizan los factores de incertidumbre, con lo cual es posible optimizar la cadena productiva

#### f.- Ahorro de costos

El método industrializado permite reducir al mínimo las pérdidas por mala utilización de los largos comerciales y los despuntes producidos por los cortes. En el sistema tradicional esta pérdida asciende a un 5% aproximadamente.

## **CAPÍTULO IV.- PROYECTO ESPACIO CONDELL, ÑUÑO A**

### **4.1.- INTRODUCCIÓN**

En el presente capítulo se describirá el proyecto en estudio “Espacio Condell”. Obra a cargo de la empresa constructora INGEVEC S.A, cuyo mandante es Puerto Capital Inmobiliaria.

### **4.2.- DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

a).- Antecedentes Generales

Para el desarrollo de esta investigación se escogió el proyecto que a continuación se detalla.

Nombre Edificio	: ESPACIO CONDELL
Destino	: Habitacional
Constructora	: INGEVEC S.A.
Inmobiliaria	: PUERTO CAPITAL S.A.
Ubicación	: Ñuñoa, Santiago, Región Metropolitana

**Figura N° 26:** Edificio Espacio Condell



Fuente: INGEVEC.

**Tabla N° 13:** Descripción de proyecto

NUMERO DE PISOS	24 + sala
SUBTERRÁNEOS	máquinas
SUBTERRÁNEOS	5
SUPERFICIE PLANTA SUBTERÁNEO	1.300
SUPERFICIE PLANTA TIPO 1-7 (m2)	850
SUPERFICIE PLANTA TIPO 8-24 (m2)	390
SUPERFICIE TOTAL CONSTRUIDA (m2)	19.080
N° DEPTOS	183
N° ESTACIONAMIENTOS	190
N° BODEGAS	167
COTA MÁX.	60,3 (m)
INICIO DE OBRA	03-jul-12
INICIO OBRA GRUESA	19-nov-12
FIN OBRA GRUESA	04-nov-13
FIN OBRA	30-jun-14
COSTO CONSTRUCCIÓN	242.155 (UF)

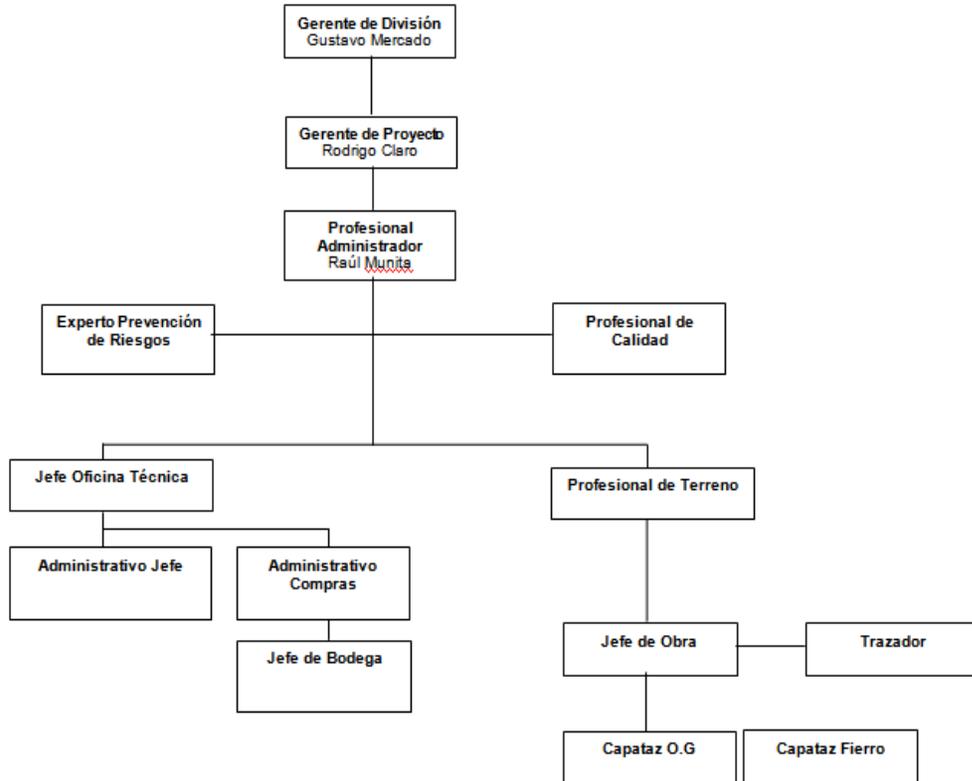
Fuente: INGEVEC. 2013

El proyecto contempla la construcción de cinco subterráneos destinados a estacionamiento, bodegas y sala de bombas. Los 24 pisos de la torre contemplan departamentos, en el piso 7 se proyecta una piscina y finalmente el último piso de máquinas.

La particularidad de este proyecto es que se planificó utilizar el sistema tradicional y el industrial en el corte y doblado de enfierradura en diferentes etapas, lo que permitirá realizar el estudio en iguales condiciones de diseño, recursos y espacio.

b) Datos de Obra

**Figura N° 27:** Organigrama INGEVEC S.A.



Fuente: INGEVEC.2013

## CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

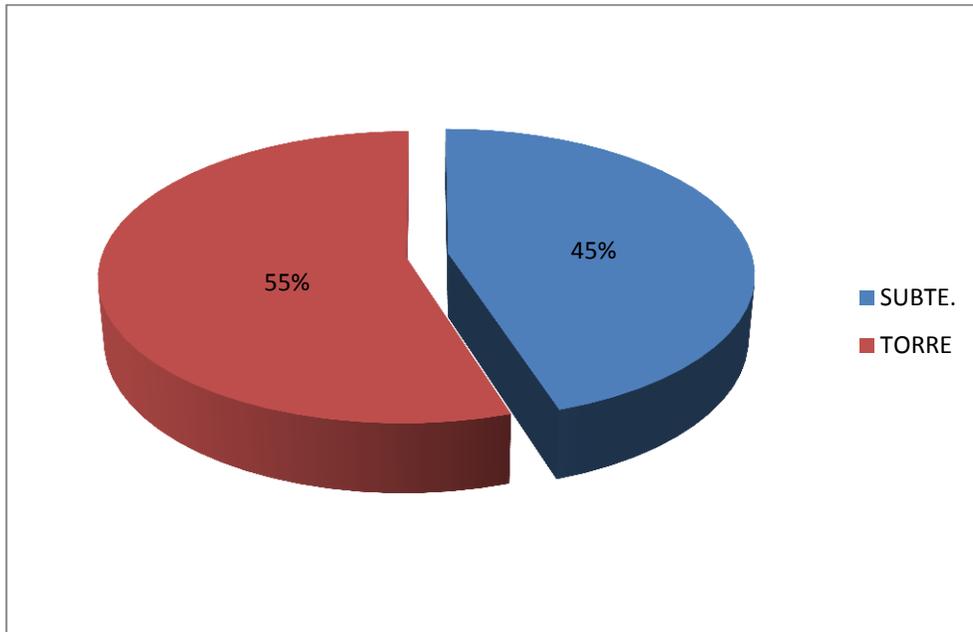
**Tabla N° 14:** Distribución Peso acero edificio

PISO	MURO	LOSA	VIGAS	total
Fund.				10.373,00
-5	53.040,00	13.644,00	6.529,00	73.213,00
-4	22.566,00	15.608,00	6.529,00	44.703,00
-3	29.947,00	15.608,00	6.529,00	52.084,00
-2	21.949,00	13.127,00	1.685,00	36.761,00
-1	30.911,00	14.963,00	1.907,00	47.781,00
1	15.971,00	10.978,00	2.401,00	29.350,00
2	11.656,68	10.192,00	1.560,00	23.408,68
3	9.775,39	10.192,00	1.463,00	21.430,39
4	8.151,68	10.192,00	1.463,00	19.806,68
5	7.993,95	10.192,00	1.463,00	19.648,95
6	8.219,07	10.192,00	1.463,00	19.874,07
7	8.634,09	16.196,00	2.591,00	27.421,09
8	5.277,98	5.137,00	994,00	11.408,98
9	4.316,62	5.137,00	942,00	10.395,62
10	4.750,58	5.137,00	643,00	10.530,58
11	3.828,76	5.137,00	677,00	9.642,76
12	4.056,60	5.137,00	643,00	9.836,60
13	4.380,95	5.137,00	664,00	10.181,95
14	3.732,57	5.137,00	643,00	9.512,57
15	3.852,34	5.137,00	643,00	9.632,34
16	4.209,33	5.137,00	643,00	9.989,33
17	3.710,47	5.137,00	643,00	9.490,47
18	3.681,86	5.137,00	643,00	9.461,86
19	4.098,90	5.137,00	643,00	9.878,90
20	4.138,07	5.137,00	643,00	9.918,07
21	4.862,99	5.533,00	643,00	11.038,99
22	4.014,28	4.000,00	773,80	8.788,08
23	3.376,06	3.871,00	808,63	8.055,69
24	2.846,29	1.922,00	196,60	4.964,89

**PESO  
TOTAL 588.582,52**

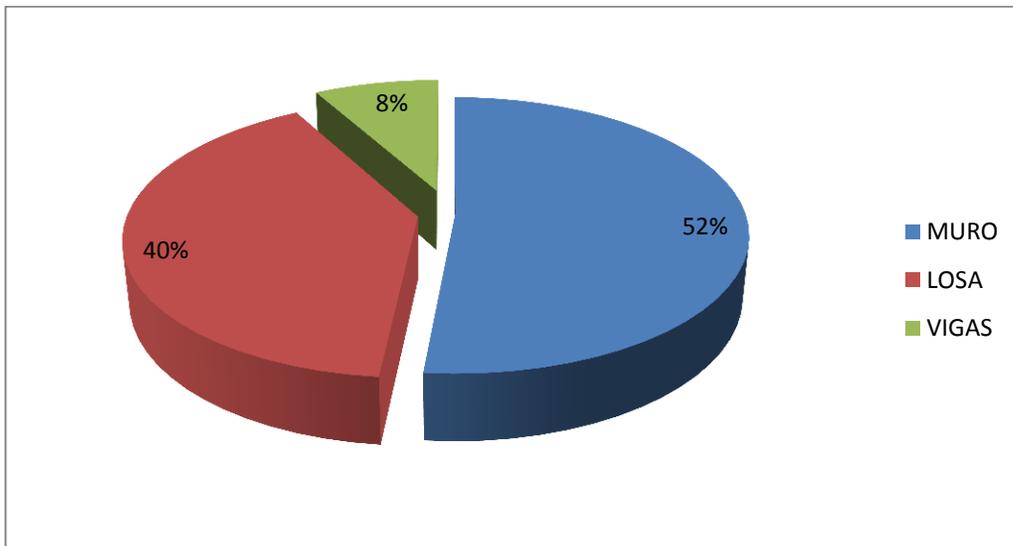
Fuente: Elab. propia

**GRÁFICO N° 1:** Distribución Peso de Acero por etapa



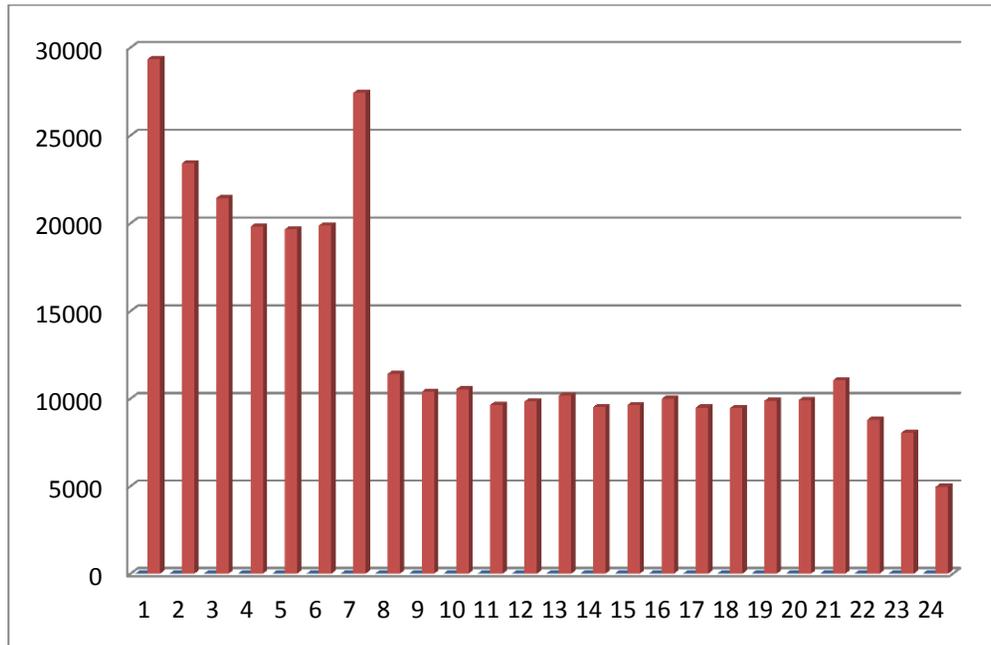
Fuente: Elab. Propia

**GRÁFICO N° 2:** Distribución Peso de Acero según elemento



Fuente: Elab. Propia

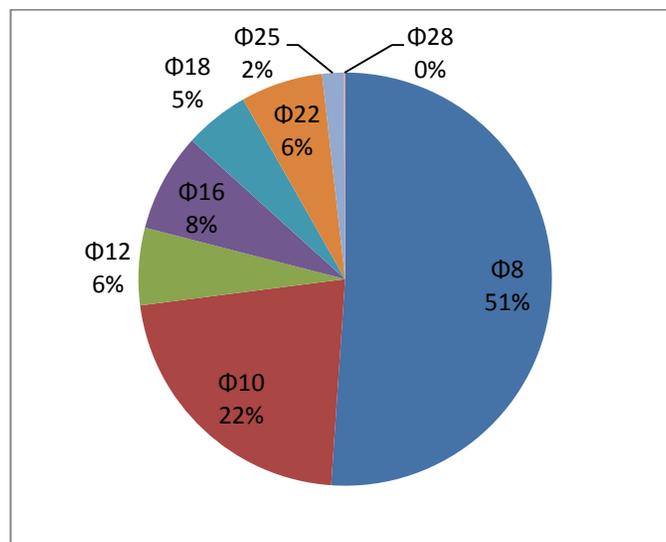
**GRÁFICO N° 3:** Distribución Peso por piso en torre



Fuente: Elab. Propia

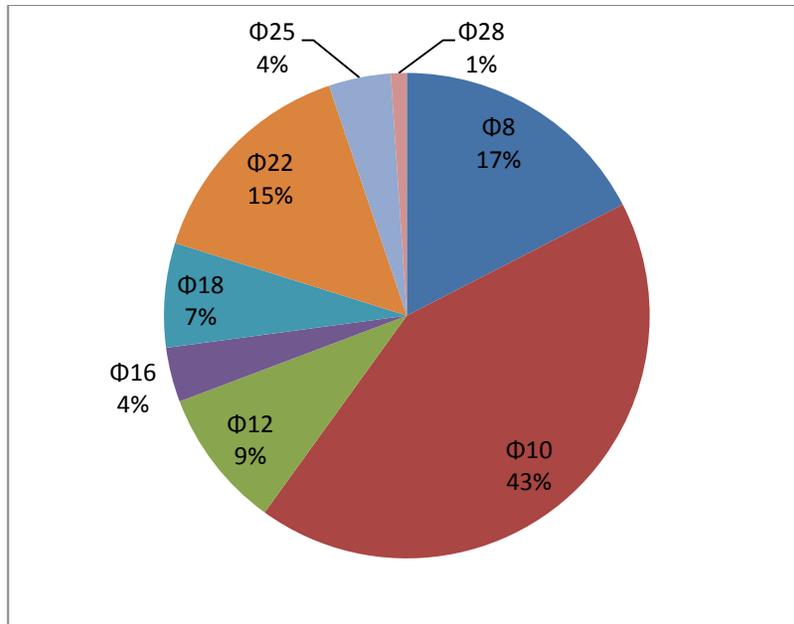
El gráfico ilustra el peso de cada piso construido, donde el primero y el séptimo son más pesados, éste último justificado por la piscina proyectada en ese piso y el primero debido a la transición con el subterráneo.

**GRÁFICO N° 4:** Distribución Peso por diámetro en torre



Fuente: Elab. Propia

**GRÁFICO N° 5:** Distribución Peso por diámetro en torre



Fuente: Elab. Propia

#### **4.3.- ETAPA 1.- PREFABRICACIÓN DE ARMADURA EN PLANTA**

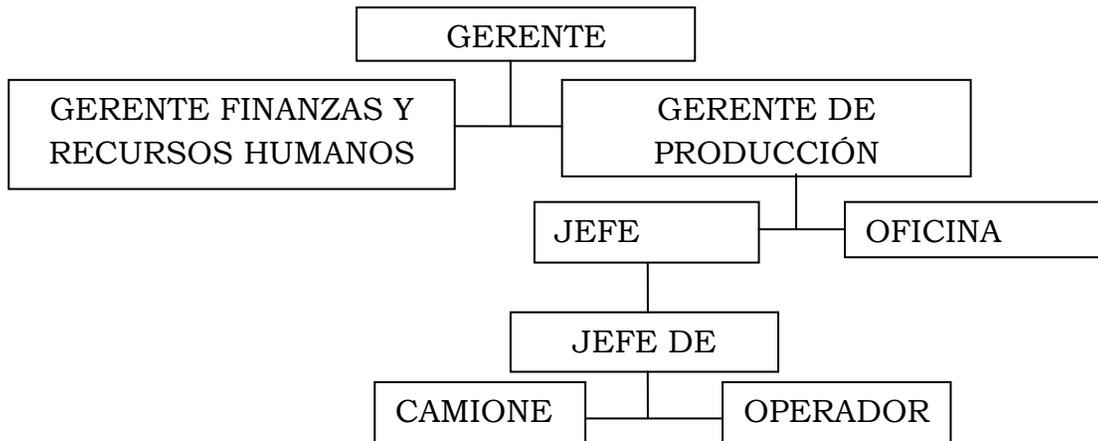
##### 4.3.1.- DESCRIPCIÓN DE PLANTA

La empresa en estudio corresponde a FERROLISTO Ltda. Cuenta con dos plantas de producción ubicadas en la ciudad de Santiago, con las que abastece actualmente a cinco obras de envergadura en varias ciudades, Santiago, Copiapó, Talca.

El servicio que la empresa presta corresponde al corte y doblado de enfierradura con el producto puesto en obra, por lo que cuenta con una unidad de logística encargada de la coordinación de despachos.

La estructura organizacional es la que a continuación se ilustra

**Figura N° 28:** Organigrama Ferrolisto



Fuente: Elab. Propia datos entregados por Ferrolisto

#### 4.3.2.- CAPACIDAD INSTALADA DE FABRICACIÓN

La planta “Noviciado” ubicada en la comuna de Pudahuel, Región Metropolitana, es la encargada de suministrar material preparado a obra Condell.

**Tabla N° 15:** Dotación Personal Ferrolisto

Personal Producción	
Cortadores	6
Dobladores	6
Operadores C&D Digital	2
Operador Grúa puente	1
Supervisor	1

Fuente: Elab. Propia

La producción mensual de la planta durante siete meses es la siguiente:

**Tabla N° 16:** Producción Mensual planta Ferrolisto

Mes	Peso (ton)
Noviembre	350
Diciembre	255
Enero	373
Febrero	350
Marzo	405
Abril	440
Mayo	435

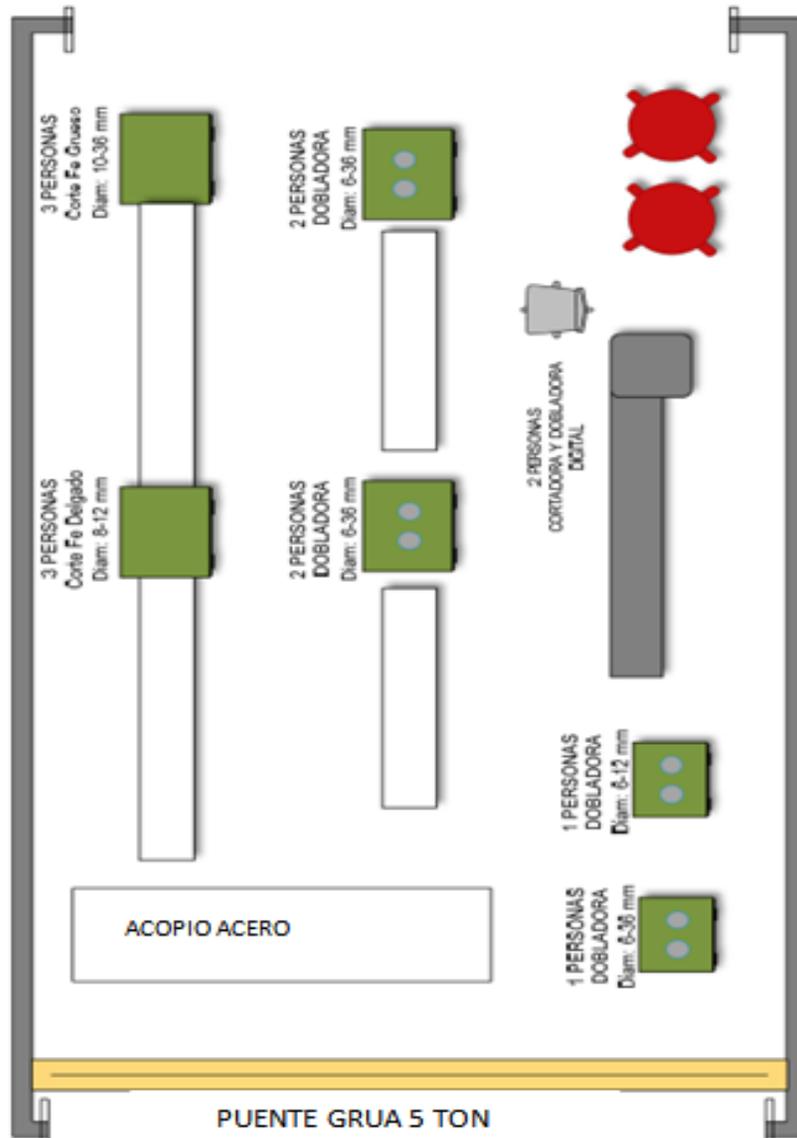
Fuente: Elab. Propia de información proporcionada por Ferrolisto

Los datos anteriores entregan un promedio de **372 toneladas** mensuales de fierro entregado a obras.

Los despachos deben ser solicitados con una semana de anticipación, por lo que estos deben ser coordinados por las constructoras de manera que asegure un stock suficiente para la producción en obra.

Las características se ilustran a en imagen n°25

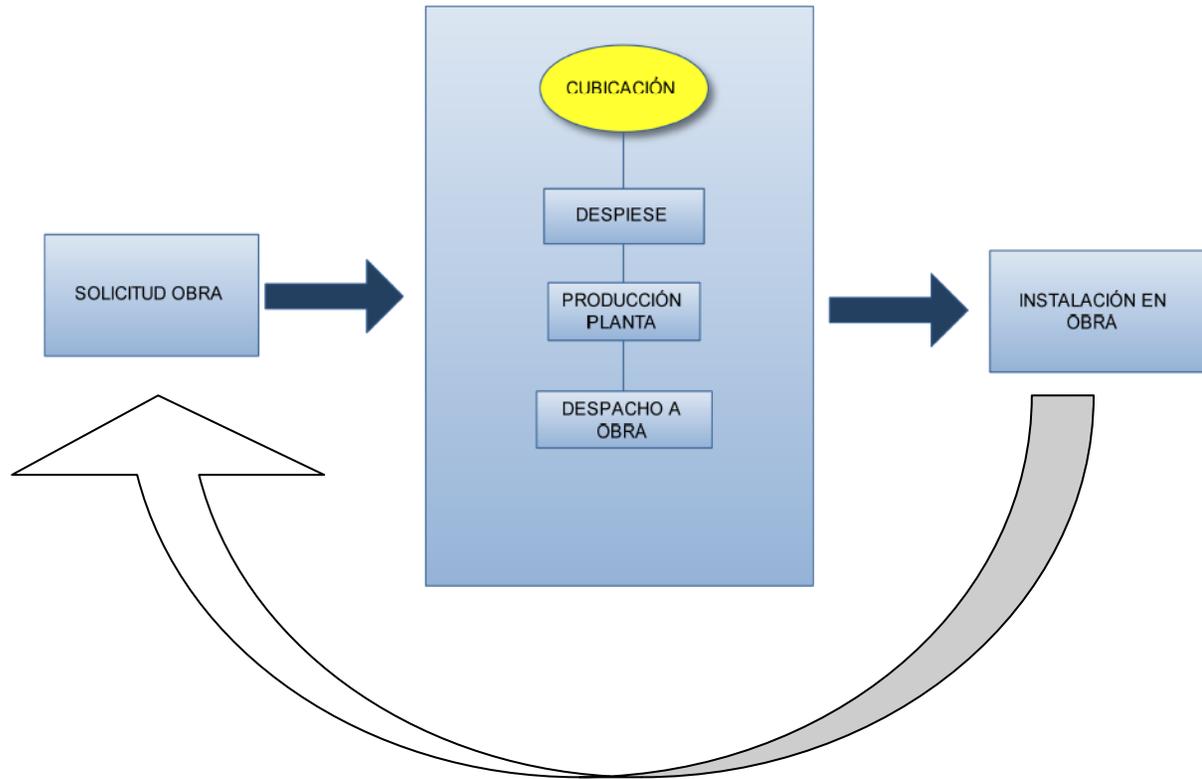
**Figura N° 29:** Distribución Plantan Ferrolisto



Fuente: Elab. Propia

### 4.3.3.- PROCESO DE PREPARACIÓN Y DOBLADO

**Figura N° 30:** Diagrama de flujo planta Ferrolisto



Fuente: Elab. Propia

El proceso de C&D se inicia con el ingreso de la solicitud de parte de la obra, con una semana como mínimo de antelación para asegurar que el pedido esté a tiempo. Esta solicitud ingresa al sistema interno de producción, en el cual se determinan las cantidades de acero a utilizar para su despiece, además de comprobar si existe suficiente stock de materia prima en planta. En caso de que el saldo sea insuficiente, se avisa a la obra para que este material sea despachado a la planta. Es responsabilidad de la empresa constructora suministrar el acero ya que Ferrolisto sólo presta el servicio de cortado y doblado de armadura.

Una vez cubicado el material comienza el proceso de despiece mediante software especializados que optimizan el material y reducen al mínimo las pérdidas. De acuerdo a información entregada por Ferrolisto, esta pérdida no supera el 1,0%. Para la obra, la pérdida es un %0

#### 4.3.4 COSTOS

#### TABLA N°25

**Tabla N° 17:** Costo Unitario Preparación Armadura

Precio C&D Ferrolisto	Costo Unitario Suministro acero		Costo unitario acero puesto en obra	
	PETRICIO	PRIMZA	PETRICIO	PRIMZA
\$ 47	\$ 406	\$ 412	\$ 453	\$ 459

Fuente: Elab. Propia datos entregados por constructora

Nota: Se analizaron los precios de dos proveedores, PRIMZA Y PETRICIO, con los que la empresa suministra materia prima a Ferrolisto. Esto en función de asegurar el stock necesario para la obra.

**Tabla N° 18:** Costo unitario mano de obra de instalación en obra

Peso subte. (kg)	costo mano obra subte	Costo mano obra por kg
254.542	\$ 73.100.000	287

Fuente: Elab. Propia datos entregados por constructora

**Tabla N° 19:** Costo unitario armadura instalada

costo mano de	Costo unitario acero instalado
------------------	-----------------------------------

obra (H/Kg)	PETRICIO	PRIMZA
\$ 287	<b>\$ 740</b>	<b>\$ 746</b>

Fuente: Elab. Propia datos entregados por constructora

#### 4.3.5.- GESTIÓN DE CALIDAD

La constructora INGEVEC al estar certificada con la ISO 9001 exige a sus proveedores altos estándares de calidad en los servicios que contrata, además de que tengan planes de gestión de calidad en sus procesos. De esta forma Ferrolisto proporciona a la empresa la seguridad que su producto es de calidad y cumple con los requerimientos exigidos por el departamento de calidad de la obra.

Existe un feedback entre Ferrolisto y las empresas a las cuales presta servicio, canalizado mediante contacto directo entre la obra y el gerente de operaciones. Mediante este nexo se estipulan los plazos de entrega y cantidades requeridas. De existir alguna no conformidad, ésta es elevada mediante el mismo medio a la fábrica para que sea subsanado.

Todo despacho de material es debidamente especificado mediante láminas de despiece y etiquetas que hacen referencia a la ubicación exacta de cada elemento. Adicionalmente la empresa proporciona memorias descriptivas, instructivos y procedimientos de trabajo para que no existan errores dentro del proceso de instalación del material preparado, además de visitas técnicas de especialistas en caso de requerirse su asistencia.

Existe una inspección técnica periódica a la fábrica por parte de ITEC, que certifica que las máquinas de corte y doblado cumplen con los requerimientos mínimos exigidos por la norma, también se realizan mantenciones periódicas a las máquinas con empresas de servicio técnico externas que entregan certificados del buen funcionamiento de éstas.

Adicionalmente, todo acero instalado en obra debe poseer los ensayos realizados por laboratorios nacionales, en el caso de la obra estos los realiza DICTUC, quien certifica que el acero cumple con las normas nacionales vigentes.

#### 4.4.- ETAPA 2.- Preparación y doblado de armadura en obra.

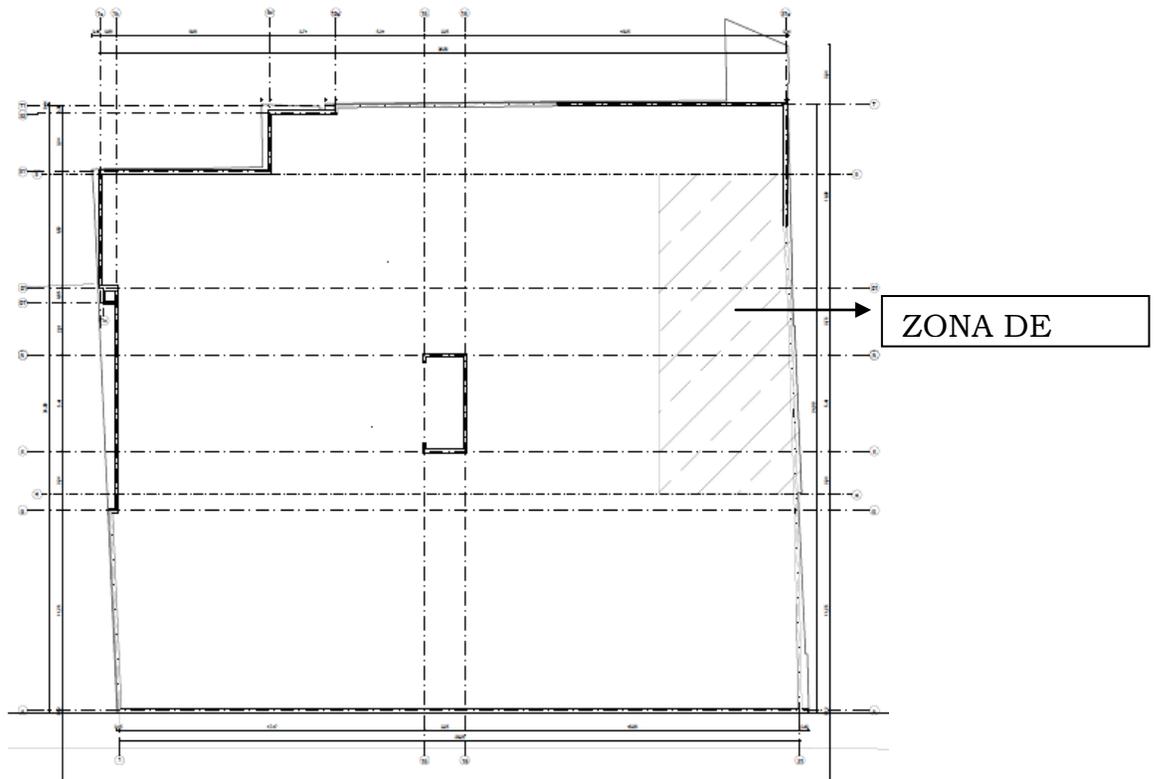
##### 4.3.1- CONDICIONES GENERALES DE PREPARACIÓN

El sector en que está emplazado el taller de C&D debe estar parejo y nivelado libre de baches para la seguridad del trabajador.

El emplazamiento del patio de enfriadores en donde se acopia y prepara la enfierradura, se encuentra en el primer piso entre los ejes 31-26a/H-S con un área aprox. de 138m<sup>2</sup>. Como lo indica el área achurada en la imagen.

A continuación se detalla la distribución del patio de enfierradores.

**Figura N° 31:** Zona de enfierradores obra Condell



Fuente: Elab. Propia

Esta área se encuentra con un cierre perimetral echas de cuartones y malla raschel para evitar el ingreso de trabajadores de otras especialidades y prevenir accidentes. También existe un techo fabricado del mismo material que el cierre perimetral, para cuidar a los trabajadores de la radiación solar, y que permite tener un lugar ventilado para la polución se partículas dañinas causantes de enfermedades respiratorias.

#### 4.4.2.- CAPACIDAD INSTALADA DE FABRICACIÓN

A continuación se describe la capacidad instalada de C&D de enfierradura de acuerdo a los recursos disponibles en la obra.

La dotación en proyecto “Espacio Condell” para este trabajo es la que muestra en la Tabla n°28

**Tabla N° 20:** Dotación Personal Obra Condell para preparación armadura

Personal Producción	
Cortadores	2
Dobladores	2
Operador Grúa Torre	1
Supervisor (Capataz*)	1

Fuente: Elab. Propia

En la siguiente tabla se detalla la producción de C&D de la obra estudiada desde el piso 1 hasta el piso 8.

**Tabla N° 21:** Producción de armadura en obra

Doblado								
nivel	Fecha inicio prep. Losa Cielo	Fecha término prep. Losa Cielo	Ø8mm (kg)	Ø10mm	Ø12mm	Ø16m	Total losa	
1	15-may	27-may	5985	1444	1502	682	9613	
2	28-may	04-jun	5026	2000	1171	891	9088	
3	05-jun	11-jun	5026	2000	1171	891	9088	
4	12-jun	18-jun	5026	2000	1171	891	9088	
5	19-jun	25-jun	5026	2000	1171	891	9088	
6	26-jun	03-jul	5026	2000	1171	891	9088	
7	04-jul	10-jul	4550	2126	7559	793	15027	
8	11-jul	18-jul	2611	1626	34	106	4377	

Fuente: Elab. Propia

**Tabla N° 22:** Producción de armadura en obra

Doblado											
nivel muro	Fecha inicio prep. Muro	Fecha término prep. Muro	Ø8mm	Ø10mm	Ø12mm	Ø16mm	Ø18mm	Ø22mm	Ø25mm	Ø28mm	Total muros
1	01-abr	08-abr	2860	8003	1586	399	1865	3937	773	348	19770
2	09-abr	15-abr	4790	3859	1138	498	1726	2366	337		14714
3	16-abr	22-abr	5451	2615	173	653	1466	1725	478		12562
4	23-abr	29-abr	5759	1750	281	664	831	1623	166		11075
5	30-abr	07-may	5776	1662	181	854	779	1465	488		11205
6	08-may	14-may	5760	1650	143	1207	866	1275	100		11000
7	15-may	22-may	5820	2027	331	1343	1139	1504	936		13100
8	23-may	29-may	3139	1504	485	554	629	1104	493		7908

Fuente: Elab. Propia

De los datos anteriores podemos resumir que en promedio la obra tiene un rendimiento semanal de doblado de aproximadamente **11,7 Ton/sem.**

#### 4.4.3.-PROCESO DE PREPARACIÓN Y DOBLADO

El proceso de C&D en obra comienza con la cubicación de material para generar una solicitud de despacho al distribuidor. Paralelamente a esto se generan las fichas de trabajo en las cuales indica cada elemento detallando su forma y dimensión para una correcta interpretación del personal encargado de la preparación.

Al momento de llegar el material a obra es descargado en el patio de enfierradores, luego de acopiarlo adecuadamente se procede a cortar el fiero de acuerdo al despiece detallado en las fichas de trabajo, para luego ser doblado y etiquetado con las indicaciones de ubicación específica.

Finalmente se iza el material mediante grúa para su instalación.

Los trabajadores deberán cumplir con todos su EPP requeridos para realizar este tipo de faena.

El sector se debe mantener limpio y seco libre para el resguardo de trabajador y el deterioro del material.

Una vez instalados los elementos son inspeccionados por el departamento de calidad quien realiza el feedback en toda esta etapa. Proceso que se detallará en el punto 4.3.5.

#### 4.4.4.-COSTOS

La siguiente tabla indica los costos involucrados en el C&D de armaduras para la obra “Espacio Condell”, cuyo costo final es de \$38 por kg.

Los cálculos fueron realizados en base a una mano de obra equivalente a 4 personas con las funciones indicadas en la tabla.

**Tabla N° 23:** Costo unitario de preparación armadura en obra

ítem	uni.	Cant.	precio	precio 1 a 8 piso (56 días)
fierro	kg		\$ 406	\$ 71.371.746
MO doblado	mes	2	\$ 850.000	\$ 3.173.333
MO ayudantes	mes	2	\$ 600.000	\$ 2.240.000
arriendo Maquina de doblado	uni.	1	\$ 220.000	\$ 410.667
Discos 7	570	1	\$ 570	\$ 159.600
Discos 9	880	1	\$ 880	\$ 147.840
instalación faena		1	\$ 450.000	\$ 450.000
esmeril angular 7	día	1	\$ 500	\$ 28.000
esmeril angular 7	día	1	\$ 500	\$ 28.000
				\$ 6.637.440
<b>Costo C&amp;D</b>				<b>\$ 38</b>

Fuente: Elab. Propia

La tabla a continuación resume los distintos costos unitarios involucrados en el costo final de fierro instalado

**Tabla N° 24:** Costo unitario armadura instalada

Costo C&D / Kilo	Costo MO instalación / Kilo	Costo Materia Prima / kg	Total (\$/kg)
\$ 38	\$ 181	\$ 406	<b>\$ 625</b>

Fuente: Elab. Propia datos entregados por constructora

#### 4.4.5.- SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD

Constructora Ingevec S.A cuenta con la certificación internacional de calidad ISO 9001 renovada en Septiembre del 2013 demandando una estructura operacional de trabajo rigurosa.

Para la instalación correcta de la enfierradura se cuenta con el procedimiento de obra N°16 (PR-OB-16) generada por el Departamento de Calidad de Ingevec, el cual entrega parámetros de revisión y que se adjunta ulteriormente.

##### 1. Objetivo

Asegurar la correcta instalación de enfierraduras.

##### 2. Alcance

En las obras que forman el sistema de gestión de calidad de Ingevec S.A.

##### 3. Responsabilidad

PA es el responsable de la correcta ejecución e instalación de toda la enfierradura del proyecto. Según corresponda, podría delegar algunas funciones de acuerdo al siguiente cuadro:

**Tabla N° 25:** Funciones de profesionales para revisión de armaduras

Profesional Administrador	<ul style="list-style-type: none"><li>• Debe solicitar al Calculista, al inicio de la obra, que indique formalmente (mail, libro de obra, etc.), si existe algún elemento que requiera especial atención durante el proceso constructivo.</li><li>• Solicitar al calculista que reciba los primeros muros y la primera losa tipo.</li><li>• Es el responsable que se revise el 100% del fierro instalado.</li></ul>
Profesional de Terreno	<ul style="list-style-type: none"><li>• Deberá revisar la correcta instalación del fierro, asegurándose que las indicaciones y observaciones realizadas por el Calculista, se estén cumpliendo durante todo el desarrollo del proyecto. Esta actividad no es delegable.(100% de los elementos)</li><li>• Para el caso de enfierradura doblada en taller externo, se solicita cumplimiento de requisitos solicitados en el punto 7.1 de este procedimiento.</li></ul>
Jefe de Obra	<ul style="list-style-type: none"><li>• Además de las revisiones del Profesional de Terreno, deberá revisar en forma aleatoria la correcta instalación del fierro.(Mínimo 50% de los elementos)</li></ul>
Capataz y/o supervisor de Fierro	<ul style="list-style-type: none"><li>• Deberá revisar el 100% del fierro instalado, completando los protocolos y registros proporcionados por el Departamento de Calidad.</li></ul>

Fuente: INGEVEC.2013

#### 4. Documentos aplicables

4.1 Documentos del Proyecto.

4.2 Manual de armaduras de Refuerzo Para Hormigón – Gerdau Aza

#### 5. Terminología

No aplica.

#### 6. Equipos y Herramientas

No aplica.

#### 7. Actividades del procedimiento

7.1 Antecedentes previos

Al inicio de la obra y antes de comenzar la actividad de colocación del fierro, el Profesional Administrador debe solicitar al Calculista, que indique formalmente (mail, libro de obra, etc.), si existe algún elemento que requiera especial atención durante el proceso constructivo.

Especial cuidado se deberá tener en la revisión de los cabezales de muro, dada la importancia que los calculistas han dado a este tema. Esto deberá quedar registrado en el anexo 1.

Cualquier refuerzo o modificación que requiera el proyecto de cálculo, como:

- Posición de empalmes de fierro en las elevaciones de machones, pilares y vigas
- Refuerzo de pasadas en vigas y/o machones no previstas en planos de cálculo
- Refuerzo en shafts no indicados en planos de cálculo
- Cantidad y forma de patas por metro cuadrado en losas
- Solución de suples en losa
- Criterios de reducción de vigas en cruces con muros y/o machones
- Cantidad, dimensión y forma de trabas por metro cuadrado en muros
- Cantidad de trabas en cabezales de muro.
- Diámetros de doblado.
- Dimensiones de Ganchos
- Cantidad de amarras y ubicación por elementos.
- Cantidad de separadores en losas, muros y vigas.
- Distancia libre entre capas, para elementos que cuenten con más de una capa (especialmente vigas)
- Separación mínima entre barras verticales
- Solución de cierres de mallas horizontales
- Definición de criterios o detalles para encuentro de muros en L o en T
- Verificar que el largo de las barras especificadas en planos consideren el largo mínimo especificado para los ganchos sísmicos según normativa vigente. (en su defecto, se debe alargar la barra para considerar el radio de curvatura de la barra), deberán ser consultadas al Calculista. Todas las revisiones particulares aclaradas con el calculista deberán quedar registradas en el anexo 1

Se deberá solicitar la aprobación del calculista de la procedencia del fierro que se va a instalar (anexo 1).

Para obras en las cuales se subcontrate la preparación de enfierradura en taller externo, el Profesional de terreno deberá abordar en una reunión de coordinación, a lo menos los puntos que siguen:

- Revisión anexo 1 de este procedimiento, a fin de transmitir las singularidades del proyecto y su correcta interpretación en planos.
- Verificar equipos y herramientas para el correcto doblado de la enfierradura. Para esto es importante verificar el cumplimiento normativo (Según Código ACI -318) de los equipos.
- Verificar orden de acopios de enfierradura, a fin de optimizar servicio de doblado.
- Acordar sistema de identificación de paquetes de enfierradura preparados para el despacho y correcta identificación en obra (trazabilidad).
- Sistema de recepción de enfierradura en obra y plazos para su correcta revisión.

Para la validación de estos requisitos, se solicitará la elaboración de un registro escrito con la firma de los participantes.

Para el seguimiento al cumplimiento de estos acuerdos, el profesional de terreno deberá realizar visitas aleatorias al taller de doblado, dejando registros de estas visitas. (Cada 15% de avance de Obra Gruesa).

## 7.2 Instalación de Fierro

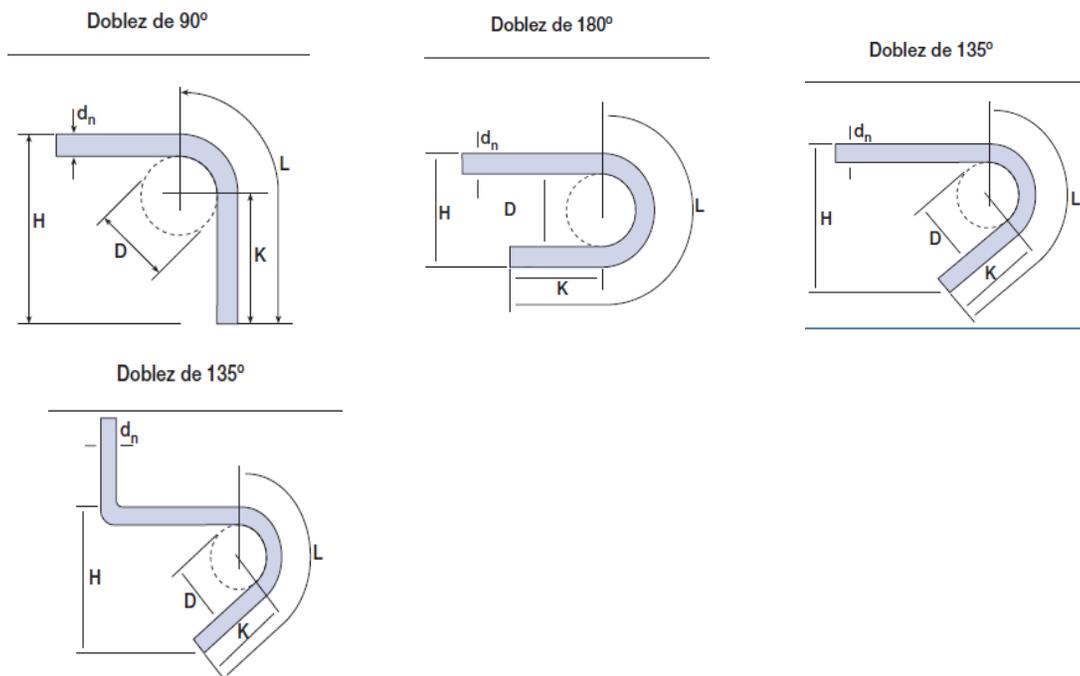
El Capataz de enfierradura del subcontrato, debe revisar el 100% del fierro instalado. Debe revisar que la calidad corresponda a la especificada, los diámetros, largos de los elementos, traslapes, empalmes, separación estribos, amarras, refuerzos de pasadas, patas y recubrimientos correspondan a lo establecido en el plano de Cálculo. Además, se deberá verificar que el contratista realice el doblado de las barras de acuerdo al siguiente cuadro (Según Código ACI -318).

**Tabla N° 26:** Ángulo de Doblado, diámetros mínimos y extensiones para barras y estribos con gancho

Elemento	dn Barra mm	Angulo del Doblez	dn Mínimo de Doblado	Extensión K
Barra con gancho Normal	10 a 25	180°	6dn	4dn
	28 a 36	180°	8dn	65mm
	10 a 25	90°	6dn	4dn
	28 a 36	90°	8dn	65mm
Estribos y ganchos de amarra	8 a 16	90°	4dn	6dn
	18 a 25	90°	6dn	12dn
	8 a 16	135°	4dn	6dn
	8 a 25	135°	6dn	6dn
Gancho 83ismico de un estribo, traba o cerco	8 a 25	90° y 135°	6dn	6dn 75mm

Fuente: ACI 318

**Figura N° 32:** Detalle de doblado de Ganchos



Fuente: \_\_\_\_ - \_\_\_\_

Todos los cargos deben revisar según protocolo adjunto anexo 2. La aplicación de estos protocolos, debe hacerse por elementos estructurales completos (vigas, losas, muros, pilares, etc.). El llenado de este documento deberá realizarse en el momento de entrega de la partida. Dentro del detalle a completar en el protocolo se deberá resumir los diámetros de las barras revisadas, distribución, largos y despiece entre otros.

## 8. Registros

8.1 Protocolo de revisión Particularidades de proyecto

8.2 Protocolo de revisión instalación de Fierro

## 9. Anexos

9.1 Anexo 1: Protocolo de revisión Particularidades de proyecto

9.2 Anexo 2: Protocolo de revisión instalación de Fierro

## CAPÍTULO V.-RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 5.1.- UTILIZACIÓN DE ESPACIOS

Como es sabido, en la mayoría de las obras con características similares a la analizada en la presente investigación, la correcta utilización del espacio disponible en obra constituye un tema de suma importancia para optimizar las faenas y los recursos disponibles, además de constituir un punto central para la disminución de las condiciones inseguras que puede provocar el acopio y trabajos con fierro, de esta forma evitar accidentes.

Como se ha mencionado, el desarrollo del proyecto Espacio Condell involucró dos etapas en cada una de las cuales se utilizaron distintos métodos de preparación de armaduras:

- **Primera etapa:** Construcción de Subterráneo de cinco niveles  
Método utilizado: Sistema industrializado
- **Segunda etapa:** Construcción de torre de 24 niveles  
Método utilizado: Sistema tradicional de corte y doblado en obra

El siguiente cuadro muestra la superficie utilizada por cada uno de los sistemas en estudio para el proyecto en las distintas etapas.

**Tabla N° 27:** Superficie de trabajo para sistemas de C&D

	SUPERFICIE UTILIZADA (m2)
SISTEMA INDUSTRIALIZADO	56
SISTEMA IN SITU	135

Fuente: Elab. Propia

Conforme al cuadro anterior, la superficie utilizada por el sistema in situ es 2,4 veces superior a la que utiliza el sistema industrializado. Eso se explica de acuerdo a que el primero requiere un área exclusiva para cortar y doblar el material, además del sector destinado solamente al acopio, mientras que el segundo sólo requiere una zona de acopio.

Cabe destacar que de acuerdo a las experiencias vistas en otras obras que implementaron el sistema tradicional de preparación de armaduras, con condiciones físicas similares a “Espacio Condell”, requirieron contar con un espacio adyacente al predio del proyecto, lo que involucra un costo adicional por el arriendo de espacios. En el caso de proyecto analizado, la implementación del sistema industrializado en la construcción del subterráneo, evitó sumar este ítem en el presupuesto, disminuyendo de esta forma los costos asociados a la partida de enfierradura.

En el caso del proyecto Condell, la superficie utilizada del predio constituye un 100% para el caso de los subterráneos, condiciones que imposibilitan definir un área fija para el patio de enfierradura, debido al avance de construcción, lo que implica reubicar constantemente esta zona. Es así como el sistema industrializado ofrece una mayor ventaja producto de que no requiere mayor superficie de trabajo.

Otro punto a destacar dice relación con las condiciones de seguridad que involucra la zona de trabajo, que implica mantener vías de circulación despejadas, delimitación del sector y orden en el acopio del material recibido y preparado para evitar accidentes. Además, de las faenas de cortado que requieren pantallas acústicas para disminuir los niveles de ruido provocados por esta tarea.

En definitiva, el sistema industrializado presenta mayores ventajas que el sistema tradicional respecto de la optimización de los espacios disponibles en obra, debido a que evidentemente requiere una superficie mínima para su acopio, lo que involucra, a su vez, la optimización de recursos de logística para condiciones dinámicas de trabajo en proyectos con una ocupación importante del predio y disminuir las condiciones de riesgo implícitas de las zonas de trabajo de enfierradura,

## 5.2.- Análisis de costos

A continuación se analizarán los costos reales que involucra cada sistema, en función de determinar cuál de estos métodos resulta más económico para su implementación en obra.

**Tabla N° 28:** Comparativo de Costos para ambos sistemas

	SISTEMA INDUSTRIALIZADO (\$/kg)	SISTEMA TRADICIONAL (\$/kg)
COSTO MATERIA PRIMA	406	406
COSTO PREPARACIÓN	47	38
COSTO MANO DE OBRA INSTALACIÓN	181	181
COSTO ACERO INSTALADO	634	625

Nota: Los datos indicados en la tabla se obtuvieron de acuerdo a información proporcionada por la empresa constructora y los valores que se manejan para el proyecto en estudio, indicados en el Capítulo IV

Fuente: Elab. Propia

Del cuadro anterior, se aprecia que el costo en lo que dice relación con la preparación de armadura es un 19% más caro el sistema industrializado que en el tradicional, mientras que el costo total del acero instalado también es un 1,4% más caro el industrializado que el preparado en obra.

### 5.3.-Análisis de rendimientos C&D

Existe una relación directa en los rendimientos de una obra entre los kilos de fierro instalado y las demás partidas como volumen de hormigón y superficie de moldaje. Es por esto que los rendimientos de enfierradura resultan fundamentales para el avance de un proyecto.

A continuación se ilustra esta relación de acuerdo a los datos levantados en la obra Condell en los siguientes gráficos.

**GRÁFICO N° 6:** Curva Fierro Torre Obra Espacio Condell



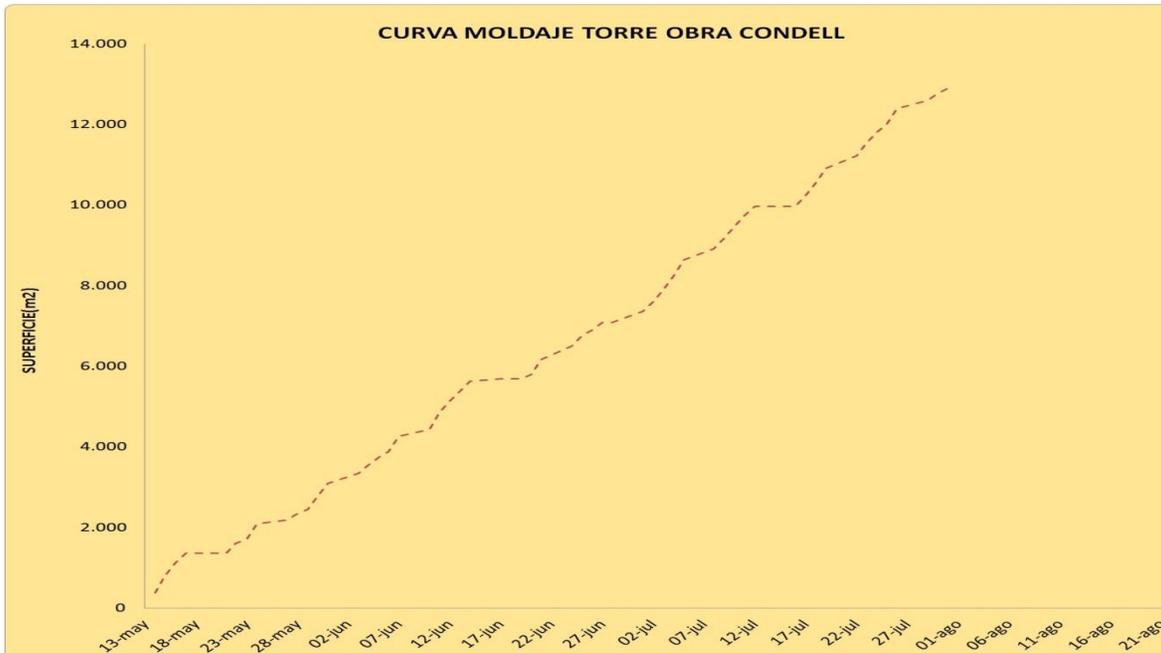
Fuente: Elab. Propia seguimiento avance en terreno

**GRÁFICO N° 7:** Curva Hormigón Torre Obra Espacio Condell



Fuente: Elab. Propia seguimiento avance en terreno

**GRÁFICO N° 8:** Curva Moldaje Torre Obra Espacio Condell



Fuente: Elab. Propia seguimiento avance en terreno

Los gráficos muestran un comportamiento similar de producción en cada una de las partidas indicadas, lo que refuerza la importancia que poseen los rendimientos de instalación de armadura que proporcionan el avance necesario para las demás partidas.

Considerando esto último, en la presente investigación se han considerado un rendimiento de instalación promedio igual para ambos métodos de C&D, debido a que sólo se analizarán los rendimientos de preparación de armadura para los dos sistemas estudiados.

**Tabla N° 29:** Resumen Rendimientos C&D en obra

NIVEL	KG FIERRO	Total losa (kg)	Total muros (kg)
1	29.383,5	9613	19770,4932
2	23.801,7	9088	14713,8027
3	21.649,7	9088	12561,7726
4	20.163,0	9088	11075,0345
5	20.293,2	9088	11205,3029
6	20.088,4	9088	11000,4287
7	28.127,5	15027	13100,1526
8	12.285,4	4377	7908,30149
	175.792,5	74.457,2	101.335,3

Fuente: Elab. Propia

Días trabajados: 76

**Rendimiento** **Kg**  
**Semanal:** **11.341,5 /semana**  
**Rendimiento Diario:** **2.313,1 Kg/día**

#### 5.4.- Ventajas y desventajas

**Tabla N° 30:** Cuadro comparativos Ventajas y Desventajas Sistema Industrializado y Fabricado en Obra

ITEM	DESCRIPCIÓN	SISTEMA INDUSTRIALIZADO	SISTEMA TRADICIONAL FABRICADO EN OBRA
COSTOS	Menor costo de preparación		X
	Menor costo de acero instalado		X
	Menor costo en mano de obra destinado a preparación	X	
	Inversión en maquinaria		X
ESPACIOS	Menor superficie de trabajo utilizada	X	
	Orden de piezas acopiadas		X
RENDIMIENTOS	Control de rendimiento de C&D y stock de acuerdo al programa de avance	X	X
	Preparación de acuerdo a contingencias en obra		X
	Posibilidad de fabricación diaria ininterrumpida.	X	
	Disminución de incertidumbre por producción de acuerdo a factores externos	X	
	Mejor orden en identificación de piezas para su instalación		X
	Facilidad en descarga y menor uso de recursos de elementos de izaje	X	
Seguridad	disminución de riesgos de accidente producto del acopio de material	X	
	Menor accidentabilidad por maniobras de traslado	X	
	Disminución de factores de riesgo producto de la manipulación de herramientas y equipos por personal no calificado	X	
	Menor contaminación acústica producto de trabajos de corte	X	
Pérdidas	Optimización del material debido a un correcto despiece que genera menor porcentaje de pérdidas	X	
Calidad	Control de origen de acero en despachos	X	X
	Control de calidad de doblado en maquina	X	X
	Mayor fluidez en la rectificación de productos no conformes		X
	Garantía de cumplimiento de normativa y especificaciones técnicas para la producción	X	X

En función de la tabla N°30, donde se indican las ventajas y desventajas de cada sistema en estudio, es necesario destacar los siguientes puntos para su análisis:

#### Costos:

Lo que dice referencia a los costos asociados a cada sistema, resulta evidente el menor costo directo de corte y doblado del método tradicional, aún cuando es necesario realizar una inversión en maquinaria y mano de obra para su fabricación. Este punto es vital para las constructoras para elegir el tradicional, y a medida que la competencia de producción industrial aumente, conllevará una disminución en su costo. Además, con la escases de mano de obra y el aumento de los sueldos facilitará el encarecimiento de la preparación en obra. Esta situación llevó al uso masivo de material preparado en industrias en los países desarrollados.

#### Espacios:

Los espacios en una obra y la optimización de ellos es lo que se busca durante todo el desarrollo del proyecto. El sistema industrializado permite llevar un stock controlado en obra que posibilita ordenar el material de acuerdo a las necesidades. Esta condición implica tener espacios ordenados evitando así tener condiciones inseguras para los trabajadores de la obra.

#### Rendimientos:

Una de las ventajas competitivas que más se destacan del método tradicional es la factibilidad de producción de acuerdo a las necesidades que surgen en el minuto, permitiendo solucionar contingencias en forma inmediata, a diferencia del industrializado, que obliga a una programación minuciosa para evitar este tipo de situaciones.

#### Seguridad:

Cabe destacar la importancia de este ítem en la actualidad para las empresas constructoras. En el cuadro comparativo se destacan las múltiples ventajas del sistema industrializado, que permite disminuir condiciones inseguras en la obra, nula contaminación acústica por cortes de material, disminución de los riesgos en maniobras de izaje y

disminución de la probabilidad de ocurrencia de accidentes por el mal uso de equipos de trabajo.

#### Pérdidas:

El sistema tradicional, al ser un método artesanal imposibilita el control y optimización del despiece del material, lo que genera mayor porcentaje de pérdida, a diferencia del industrializado, que permite disminuir las pérdidas en función de un controles y software que maneja la industria para un correcto despiece y aprovechamiento de la materia prima.

#### Calidad:

La principal diferencia de ambos sistemas de acuerdo a la calidad de los productos, que además está ligado al punto señalado en la producción, es la posibilidad de rectificar errores o no conformidades en forma inmediata sin necesidad de devolver el material a la plata y esperar a que se corrija la observación, lo que entrega mayor fluidez a la hora de controlar la calidad de la enfierradura

## **CAPÍTULO VI.- CONCLUSIONES**

La industrialización de los procesos y el uso de tecnologías en la preparación de armaduras para hormigón armado han proporcionado una alternativa para optimizar los procesos constructivos, tendencia que se acerca cada vez más a países desarrollados. Las investigaciones que se han realizado respecto de la utilización de la tecnología en la construcción, permiten concluir que ésta ayuda a la disminución de mano de obra en los procesos. De acuerdo al análisis realizado, el costo directo de la preparación mediante el sistema industrializado es mayor, no obstante permite ahorrar recursos de mano de obra utilizada para la preparación, permitiendo destinarlos a potenciar el rendimiento de instalación y de esta forma disminuir plazos en ejecución.

El sistema tradicional fabricado en obra no permite una optimización del despiece, por lo que genera un mayor porcentaje de pérdida de material producto de los despuntes generados por el proceso de corte, esto eleva el costo considerablemente. (Objetivo 3)

En lo que dice relación con las condiciones físicas de trabajo y acopio de material, el sistema industrializado permite optimizar los espacios disponibles en obra, evitando así incurrir en gastos de arriendo de predios contiguos para la preparación según sea el proyecto, y por otra parte minimizar las condiciones inseguras que provoca el acopio de este material. Para el caso del proyecto Espacio Condell, cuya superficie de edificación involucra el cien por ciento de terreno, el sistema industrializado permitió mejores condiciones de trabajo en la construcción del subterráneo y con ello menor riesgo de accidentabilidad cuyos resultados se ven reflejados en cero accidentes en esta etapa.

Una de las mejores ventajas del sistema tradicional, y por el cual muchos profesionales la prefieren, es que permite abordar en forma inmediata la producción de acuerdo a necesidades puntuales que se generan en terreno, mientras que con el sistema industrializado no es posible lograrlo con celeridad. Al mismo tiempo, corregir productos no conformes que no se ajustan a planos, especificaciones técnicas o normativa vigente.

Es necesario, para el éxito de cada sistema, una correcta programación y seguimiento de los rendimientos, que aseguren un stock

de materia prima para que la producción no se vea interrumpida. De esta forma, para el caso del sistema industrializado, se requiere una minuciosa programación semanal en función del avance proyectado, y un feedback constante con la planta de producción para coordinar la logística de despachos de material a obra. Al menos con dos semana de antelación para el caso de la planta en estudio. Este proceso muchas veces no fue llevado de la mejor manera, lo que generó retrasos en despachos y su instalación en obra.

La instalación de acero para edificación en base a estructura de hormigón armado, es una partida crítica, cuyo retraso o avance genera un inmediato resultado en las demás actividades involucradas en el proceso de obra gruesa, como moldajes y hormigones. Es así como se ve en los gráficos (COLOCAR NUMERO DE GRAFICO) presentados del seguimiento de los rendimientos instalados diarios del proyecto estudiado, donde existe una directa proporcionalidad de los kilos instalados de acero, con la superficie de moldaje y volumen de hormigón instalado. Por consiguiente, es necesario realizar un estudio de todos los factores que involucran esta partida para tomar la mejor decisión de que sistema de C&D se utilizará para cada proyecto en particular y programar la logística para el oportuno abastecimiento de materia prima en obra para su instalación.

De acuerdo a la experiencia basada en el proyecto espacio Condell, en cual se utilizaron ambos sistemas en etapas diferentes, el industrializado en la etapa d subterráneos y el tradicional fabricado en obra durante la construcción de la torre, permite concluir que con cada uno se logró el objetivo planteado, mientras que para la construcción del subterráneo las condiciones físicas no eran óptimas en cuanto a espacio y seguridad, el método adoptado permitió, a un costo mayor, cumplir con los plazos y recursos proyectados. Por otra parte, El sistema tradicional fabricado in situ durante la construcción de la torre, cumplió con la producción necesaria para satisfacer los avances programados. En definitiva, la correcta elección de un sistema u otro, en función de las condiciones de obra, asegurarán un cumplimiento de plazos, recursos, calidad y seguridad de cada proyecto.

**ANEXO N° 1:** Protocolo de revisión de particularidades del proyecto.

Protocolo de revisión PARTICULARIDADES DE PROYECTO	INGEVEC S.A.
DATOS GENERALES	

6FECHA	(FECHA DE REVISIÓN)		
OBRA	(NOMBRE DE LA OBRA)	N°	(NUMERO DE LA OBRA)
AREA	(SECTOR O AREA DE REVISION)		
REVISIA	(NOMBRE DE LA PERSONA QUE REVISIA)	FIRMA	
CARGO	(PROFESIONAL ADMINISTRADOR)		

**DATOS DE LA REVISIÓN PLANOS DE CÁLCULO / MODIFICACIONES  
CALCULISTA**

ITEM	DESCRIPCION	VERIFICACION	PERIODICIDAD
------	-------------	--------------	--------------

Aprobación del calculista de la procedencia del fierro			(Cada vez que se cambie proveedor)
Refuerzos de cabezales de muro a compresión (trabas y/o estribos)			(según indicaciones de calculista, subterráneo y 1°s pisos)

Posición de empalmes de fierro en las elevaciones de machones, pilares y vigas			(Todo el edificio)
Refuerzo de pasadas en vigas y/o machones no previstas en planos de calculo			(Todo el edificio)
Refuerzo en shafts no indicados en planos de cálculo			(Todo el edificio)
Cantidad, dimensión y forma de patas por metro cuadrado en losas			(Todo el edificio)
Solución de suples en losa			(Todo el edificio)
Criterios de reducción de vigas en cruces con muros y/o machones			(Todo el edificio)
Cantidad dimensión y forma de trabas por metro cuadrado en muros			(Todo el edificio)
Diámetros de doblado.			(Todo el edificio)
Dimensiones de Ganchos			(Todo el edificio)
Cantidad de amarras y ubicación por			(Todo el edificio)

elementos.			
Cantidad de separadores en losas, muros y vigas.			(Todo el edificio)
Distancia libre entre capas, para elementos que cuenten con más de una capa			(Todo el edificio)
Separación mínima entre barras verticales			(Todo el edificio)
Solución de cierres de mallas horizontales			(Todo el edificio)
Definición de criterios o detalles para encuentro de muros en L o en T			(Todo el edificio)
Verificar largos de barras en planos con largos de barras necesarios en obra para cumplir con el gancho mínimo normativo			(Todo el edificio)

#### COMENTARIO GENERAL

--

Fuente: INGEVEC. 2013

**ANEXO N° 2: Protocolo de revisión instalación de Fierro.**

Protocolo de revisión instalación de Fierro		INGEVEC S.A.	
DATOS GENERALES			
FECHA	(FECHA DE REVISIÓN)		
OBRA		N°	XXX
AREA	(PISO, SECTOR O AREA DE REVISION)		
PLANO REF.			
REVISA	(NOMBRE DE LA PERSONA QUE REVISA)	FIRMA	
CARGO	(CARGO DE LA PERSONA QUE REVISA)		
DATOS DE LA REVISIÓN			
ITEM	CONFORME	NO CONFORME	OBSERVACION
Diámetros corresponden			
Largos Elementos			
Empalmes según diámetro			
Espaciamiento entre barras			
Amarras			
Refuerzos (trabas y estribos)			
Suples losas			
Pasadas instalaciones			
Verticalidad y horizontalidad de barras			
Limpieza de enfierradura			
Otros			
DETALLE REVISION Y OBSERVACIONES			

Fuente: INGEVEC. 2013

### ANEXO N° 3: Tablas

**Tabla N° 31:** Longitud de Desarrollo para barras con resalte en tracción

Casos y Condiciones	Esquema de recubrimientos y separaciones mínimas	Barras con resaltes dn 18 y menores	Barras con resaltes dn 22 y menores
<p>Caso A</p> <p>Condición 1: Aplicable si dn es mayor o igual que el recubrimiento y espaciamiento libre entre las barras que están siendo desarrolladas o empalmadas.</p> <p>Además, es requisito para esta condición que los estribos o amarras a lo largo de ld no sean inferiores al mínimo señalado.</p> <p>Condición 2: aplicables el espaciamiento libre entre las barras que están siendo desarrolladas o empalmadas es mayor o igual a 2dn' y el recubrimiento libre es mayor o igual a dn'</p>		$l_d = \frac{12 d_n f_y \alpha \beta \lambda}{25 \sqrt{f'_c}}$	$l_d = \frac{3 d_n f_y \alpha \beta \lambda}{5 \sqrt{f'_c}}$
<p>Caso B</p> <p>Otros casos (diferentes a las Condiciones 1 y 2)</p>		$l_d = \frac{18 d_n f_y \alpha \beta \lambda}{25 \sqrt{f'_c}}$	$l_d = \frac{9 d_n f_y \alpha \beta \lambda}{10 \sqrt{f'_c}}$
<p>Notación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ld : Longitud de desarrollo, mm</li> <li>dn : diámetro nominal de la barra, mm</li> <li>Av : Área de la armadura por corte en una distancia s, mm<sup>2</sup></li> <li>s : Espaciamiento entre estribos, mm</li> <li>bn : Ancho del alma de la viga, mm</li> <li>fy : Tensión de fluencia especificada para el acero de la armadura, MPa</li> <li>f'c : Resistencia especificada del hormigón, MPa</li> <li>α, β, λ : Factores redefinición definidos en la tabla N4</li> </ul>			

Fuente: GERDAU. 2008

**Tabla N° 32:** Longitud de Desarrollo Básica para barras rectas en tracción, Caso A

Calidad hormigón NCh 170,Of 85	Resistencia especificada $f_c$ (Mpa)	Diámetro de la barra (mm)									
		8	10	12	16	18	22	25	28	32	36
H20	20	403	504	605	806	907	1386	1575	1764	2016	2268
H25	25	361	451	541	721	811	1240	1409	1578	1803	2029
H30	30	323	403	484	645	726	1109	1260	1411	1613	1814
H35	35	294	368	442	589	663	1012	1150	1288	1472	1656
H40	40	273	341	409	545	613	937	1065	1193	1363	1533
H45	45	255	319	383	510	574	877	996	1116	1275	1434
H50	50	240	301	361	481	541	826	939	1052	1202	1352

Fuente: GERDAU. 2008

**Tabla N° 33:** Longitud de Desarrollo Básica para barras rectas en tracción, Caso A

Calidad del Hormigón NCh 170, of85	Resistencia especifica $f_c$ (Mpa)	Diámetro de la barra (mm)									
		8	10	12	16	18	22	25	28	32	36
H20	20	269	336	403	538	605	924	1050	1176	1344	1512
H25	25	240	301	361	481	541	826	939	1052	1202	1352
H30	30	215	269	323	430	484	739	840	941	1075	1210
H35	35	196	245	294	393	442	675	767	859	982	1104
H40	40	182	227	273	363	409	625	710	795	909	1022
H45	45	170	213	255	340	383	584	664	744	850	956
H50	50	160	200	240	321	361	551	626	701	801	902

Fuente: GERDAU. 2008

**Tabla N° 34:** Longitud de Desarrollo Básica para barras rectas en tracción, Caso B

Calidad hormigón NCh 170,Of 85	Resistencia especificad a f'c (Mpa)	Diámetro de la barra (mm)									
		8	10	12	16	18	22	25	28	32	36
H20	20	605	756	907	1210	1361	2079	2363	2646	3024	3402
H25	25	541	676	811	1082	1217	1860	2113	2367	2705	3043
H30	30	484	605	726	968	1089	1663	1890	2117	2419	2722
H35	35	442	552	663	883	994	1518	1725	1932	2208	2484
H40	40	409	511	613	818	920	1406	1597	1789	2045	2300
H45	45	383	478	574	765	861	1315	1494	1673	1913	2152
H50	50	361	451	541	721	811	1240	1409	1578	1803	2029

Fuente: GERDAU. 2008

**Tabla N° 35:** Longitud de Desarrollo Básica para barras rectas en tracción, Caso B

Calidad del Hormigón NCh 170, of85	Resistencia específica f'c (Mpa)	Diámetro de la barra (mm)									
		8	10	12	16	18	22	25	28	32	36
H20	20	403	504	605	806	907	1386	1575	1764	2016	2268
H25	25	361	451	541	721	811	1240	1409	1578	1803	2029
H30	30	323	403	484	645	726	1109	1260	1411	1613	1814
H35	35	294	368	442	589	663	1012	1150	1288	1472	1656
H40	40	273	341	409	545	613	937	1065	1193	1363	1533
H45	45	255	319	383	510	574	877	996	1116	1275	1434
H50	50	240	301	361	481	541	826	939	1052	1202	1352

Fuente: GERDAU. 2008

**Tabla N° 36:** Longitud de desarrollo ganchos normales en tracción.  
Hormigón con agregado corriente

Calidad del Hormigón NCh 170, of85	Resistencia específica $f'c$ (Mpa)	Diámetro de la barra (mm)									
		8	10	12	16	18	22	25	28	32	36
H20	20	202	252	302	403	454	554	630	706	806	907
H25	25	180	225	270	361	406	496	563	631	721	811
H30	30	161	202	242	323	363	444	504	564	645	726
H35	35	147	184	221	294	331	405	460	515	589	663
H40	40	136	170	205	273	307	375	426	477	545	613
H45	45	128	159	191	255	287	351	398	446	510	574
H50	50	120	150	180	240	270	331	376	421	481	541
Acero A630 ( $f_y= 420$ Mpa $\beta=1,0$ ; $\lambda=1,0$ )											

Fuente: GERDAU. 2008

**Tabla N° 37:** Longitud de desarrollo ganchos normales en tracción.  
Hormigón con agregado corriente

Calidad hormigón NCh 170,Of 85	Resistencia especificad a $f'c$ (Mpa)	Diámetro de la barra (mm)									
		8	10	12	16	18	22	25	28	32	36
H20	16	134	168	202	269	302	370	420	470	538	605
H25	20	120	150	180	240	270	331	376	421	481	541
H30	25	108	134	161	215	242	296	336	376	430	484
H35	30	98	123	147	196	221	270	307	344	393	442
H40	35	91	114	136	182	204	250	284	318	363	409
H45	40	85	106	128	170	191	234	266	298	340	383
H50	45	80	100	120	160	180	220	250	280	321	361
Acero A440 ( $f_y=280$ Mpa) $\beta = 1,0$ ; $\lambda 1,0$											

Fuente: GERDAU. 2008

**Tabla N° 38:** Longitud de desarrollo básica para Barras rectas en compresión

Calidad hormigón NCh 170,Of 85	Resistencia especificada $f_c$ (Mpa)	Diámetro de la barra (mm)									
		8	10	12	16	18	22	25	28	32	36
H20	16	202	252	302	403	454	554	630	706	806	907
H25	20	180	225	270	361	406	496	563	631	721	811
H30	25	161	202	242	323	363	444	504	564	645	726
H35	30	147	184	221	294	331	405	460	515	589	663
H40	35	136	170	204	273	307	375	426	477	545	613
H45	40	128	159	191	255	287	351	398	446	510	574
H50	45	120	150	180	240	270	331	376	421	481	541
Acero A440 ( $f_y=280$ Mpa)											

Fuente: GERDAU. 2008

**Tabla N° 39:** Longitud de desarrollo básica para Barras rectas en compresión

Calidad del Hormigón NCh 170, of85	Resistencia específica $f_c$ (Mpa)	Diámetro de la barra (mm)									
		8	10	12	16	18	22	25	28	32	36
H20	20	134	168	202	269	302	370	420	470	538	605
H25	25	120	150	180	240	270	331	376	421	481	541
H30	30	108	134	161	215	242	296	336	376	430	484
H35	35	98	114	147	196	221	270	307	344	393	442
H40	40	91	106	136	182	204	250	284	318	363	409
H45	45	85	106	128	170	191	234	266	298	340	383
H50	50	80	100	120	160	180	220	250	280	321	361
Acero A630 ( $f_y= 280$ Mpa)											

Fuente: GERDAU. 2008

## **BIBLIOGRAFÍA**

AMERICAN CONCRET INSTITUTE (USA). 2008. Reglamento Estructural Para Edificaciones; Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (Norma ACI N°318). Michigan, USA. 495p.

GERDAU AZA. 2008. Manual de Armadura de Refuerzo para Hormigón; Fabricación, Instalación, Protección. 2 ed. s.l. 285 p.

INSITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN (CHILE). 2008. Acero; Barras laminadas en caliente para hormigón armado (Norma NCh 204). Santiago, Chile. s.e. 11p.

INSITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN (CHILE). 1985. Hormigón; Requisitos generales (Norma NCh 170). Santiago, Chile. s.e. 57p.

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ENFIERRADURA EN LA CONSTRUCCIÓN (ITEC CHILE). 2012. La industrialización en la Construcción; Enfierradura Industrializada. s.e. 52p.

JIMENEZ P.; GARCIA A.; MORÁN F. 2000. Hormigón Armado. 14 ed. Barcelona, Gustavo Gili S.A. VOL 1.

MINVU (CHILE). 1992. Ordenanza General de urbanismo y Construcciones. Santiago. 360p.

MINVU (CHILE). s.f. Manual de inspección técnica. Santiago, Chile. s.e. 30p.

MOP (CHILE). 1980. Decreto de Transporte de Carga (Decreto Supremo N°1910. Santiago, Chile. s.e. 3p.